

CERNER L'IMPACT DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT COMME
SOLUTION DURABLE POUR LES ORGANISATIONS

Par
Pierre-André Lebeuf

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Monsieur David King-Ruel

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Mai 2018

SOMMAIRE

Mots clés : végétalisation du bâtiment, toiture végétale, mur végétal, phytotechnologie, développement durable, organisation, bâtiment durable.

L'objectif de cet essai est de cerner l'impact de la végétalisation du bâtiment comme solution durable pour les organisations au Québec. Étant des moyens phytotechnologiques en émergence, les différents systèmes de toitures et de murs végétalisés permettent de résoudre une multitude d'enjeux en développement durable (DD), c'est-à-dire à caractères environnementaux, sociaux et économiques. Étudier leur contribution dans une perspective de DD s'avère complexe en raison de l'étendue et de l'abondance des impacts qui concernent autant les organisations que la société dans son ensemble.

L'inventaire effectué au début de l'étude a révélé que la majorité des projets de végétalisation du bâtiment se trouvent dans la Communauté métropolitaine de Montréal. Les instigateurs sont issus du secteur institutionnel pour les toitures et du secteur privé pour les murs végétalisés. 136 toitures végétalisées et 27 murs végétalisés ont été répertoriés au Québec pour la période 2003-2017. L'exercice a surtout démontré qu'il y a un manque d'accessibilité de l'information à ce sujet. Il peut donc s'avérer difficile de suivre l'évolution et de mesurer adéquatement l'apport global de cette phytotechnologie au Québec.

Les renseignements recueillis dans la revue de littérature démontrent qu'en fonction d'une vingtaine d'enjeux, la végétalisation peut résoudre ou atténuer plusieurs problématiques en DD. Pour compléter la collecte d'information, une enquête sur les perceptions des gestionnaires à l'égard de la végétalisation du bâtiment a été effectuée. Sept organisations possédant une toiture et/ou un mur végétalisé intérieur ou extérieur construit entre 2003 et 2017 dans la province du Québec ont participé. Les réponses obtenues aux questions ouvertes ont permis de cerner les motivations et les craintes en début de projet, les défis pendant l'exécution du projet, les retombées et la satisfaction des organisations après le projet et les limites en contexte québécois. Les résultats de l'exercice ont permis de cibler les enjeux de DD auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus aux yeux des gestionnaires et d'identifier les principaux enjeux de DD touchés par végétalisation du bâtiment auxquels ils ont le sentiment de peu connaître.

Pour établir si la végétalisation du bâtiment peut être considérée ou non comme une solution durable pour les organisations, une analyse a été faite à partir des 16 principes de la *Loi sur le développement durable*. L'analyse systémique a démontré que la végétalisation peut être considérée globalement comme une solution durable pour les organisations sous certaines conditions. Les principes de protection de l'environnement ainsi que de santé et qualité de vie sont entièrement respectés. À l'exception de l'internalisation des coûts n'ayant pas été analysés adéquatement par manque d'information, les autres principes sont partiellement respectés. De manière générale, l'application de ces moyens doit être considérée en début de projet tout en étant adaptée en fonction du contexte et des objectifs poursuivis.

REMERCIEMENTS

J'aimerais consacrer quelques lignes afin d'adresser mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé dans l'accomplissement de ce travail.

Je tiens tout d'abord à remercier David King-Ruel qui a généreusement accepté de me soutenir à titre de directeur. J'ai apprécié ta motivation, tes commentaires pertinents ainsi que nos nombreux échanges constructifs tout au long du processus. Tu m'as grandement guidé dans mon processus de réflexion et tes commentaires ont renforcé la qualité de mon travail. En plus d'avoir été un excellent enseignant dans mes cours de maîtrise, tu as été un directeur remarquable. Ce fut un réel privilège de te côtoyer.

Je remercie mes collègues de Soprema, soit Jean-François Côté, directeur aux affaires scientifiques et à la normalisation ainsi que Marie-Anne Boivin, agronome. Je remercie également M. Antoine Trottier de la Ligne Verte. Merci à chacun d'entre vous pour votre disponibilité et votre soutien inestimable.

Je remercie également l'architecte et enseignant, M. Daniel Quirion, d'avoir accepté de me rencontrer pour répondre à mes questions sur l'évolution du bâtiment au Québec. Un merci tout spécial à ma conseillère pédagogique, Mme Judith Vien. Merci d'avoir pris le temps de répondre à chacune de mes questions lors de mes visites à l'improviste à ton bureau.

Je remercie chaleureusement M. Claude Vallée, professeur en horticulture à l'Institut de technologie agroalimentaire de Saint-Hyacinthe, M. Benoît Gariépy, architecte à la Ville de Montréal, M. Normand Roy, chargé de projet à la Maison du développement durable, Mme Marie-Anne Viau, gérante de l'agriculture urbaine au Santropol Roulant, Mme Danielle Jacques, directrice à la gestion immobilière au Mouvement des caisses Desjardins, Mme France Rodrigue, vice-présidente immobilier chez SSQ assurance, M. Danik Bergeron, architecte chez BMD Architectes et finalement, Sobeys d'avoir accepté de prendre part à l'enquête. Merci énormément d'avoir pris le temps nécessaire pour me partager votre expérience au sujet de vos projets forts inspirants en matière de végétalisation du bâtiment. Discuter avec chacun d'entre vous a été très stimulant et surtout enrichissant.

Pour terminer, je tiens à remercier l'ensemble de mes amis ainsi que les membres de ma famille pour leurs mots d'encouragement. Merci surtout de votre compréhension quant à mon absence pendant ces dernières années. Par le fait même, je ne peux passer sous silence l'apport de ma copine qui a su être la parfaite alliée dans l'atteinte de mon équilibre personnel pendant ma rédaction. Merci pour ton soutien!

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. MISE EN CONTEXTE	3
1.1 L'évolution du bâtiment au Québec.....	3
1.2 Principaux impacts attribuables à l'industrie du bâtiment au Québec	4
1.2.1 L'empreinte écologique et carbone.....	4
1.2.2 La pensée cycle de vie	6
1.2.3 Les changements climatiques	7
1.3 Évolution du développement durable au Québec.....	8
1.3.1 Le développement durable en contexte sociétal	8
1.3.2 Le développement durable en contexte organisationnel	9
1.4 Émergence du bâtiment durable	10
1.4.1 Les tendances et certifications en matière de bâtiment durable.....	11
1.5 Végétalisation du bâtiment	12
1.5.1 Les toitures végétalisées	13
1.5.2 Les murs végétalisés	14
2. ÉTAT DES LIEUX DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT AU QUÉBEC.....	15
2.1 La croissance de la végétalisation du bâtiment selon <i>Green Roofs for Healthy Cities</i>	15
2.2 Méthodologie : Inventaire de la végétalisation du bâtiment au Québec entre 2003 et 2017	17
2.2.1 Technique de recherche	17
2.2.2 Déroulement	17
2.2.3 Limites	18
2.3 Résultats : Inventaire de la végétalisation du bâtiment au Québec entre 2003 et 2017	18
3. REVUE DE LITTÉRATURE.....	21
3.1 Méthodologie : Revue de littérature.....	21
3.1.1 Technique de recherche	21
3.1.2 Déroulement	21
3.1.3 Limites	22
3.2 Enjeux en développement durable	22
3.2.1 La pollution sonore	22
3.2.2 La pollution de l'air.....	25
3.2.3 Les émissions de gaz à effet de serre (GES)	29
3.2.4 Les îlots de chaleur urbain (ICU)	30
3.2.5 La gestion des eaux pluviales.....	33
3.2.6 La biodiversité.....	36

3.2.7	La santé publique	39
3.2.8	La sécurité alimentaire.....	41
3.2.9	Le sentiment de sécurité.....	44
3.2.10	L'éducation	45
3.2.11	L'embellissement et la création de valeur.....	47
3.2.12	Les services écosystémiques	50
3.2.13	La durabilité des matériaux.....	51
3.2.14	Le confort thermique intérieur et l'efficacité énergétique	52
3.2.15	Les ressources humaines	54
4.	ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018	56
4.1	Méthodologie : Enquête sur le terrain.....	56
4.1.1	Technique de recherche	56
4.1.2	Déroulement	57
4.1.3	Limites	57
4.2	Résultats : Enquête sur le terrain	58
4.2.1	Portrait des organisations	59
4.2.2	Synthèse des réponses obtenues aux questions ouvertes et à l'exercice	59
5.	ANALYSE DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT COMME SOLUTION DURABLE	64
5.1	Méthodologie : Analyse de la végétalisation du bâtiment comme solution durable	64
5.1.1	Définition des principaux concepts	64
5.1.2	Choix du cadre d'analyse	64
5.1.3	Création de l'outil d'analyse.....	65
5.1.4	Limites	66
5.2	Interprétation des résultats	66
5.2.1	Santé et qualité de vie	66
5.2.2	Équité et solidarité sociale	68
5.2.3	Protection de l'environnement	70
5.2.4	Efficacité économique.....	71
5.2.5	Participation et engagement	75
5.2.6	Accès au savoir	76
5.2.7	Subsidiarité	78
5.2.8	Partenariat et coopération	79
5.2.9	Prévention.....	80
5.2.10	Précaution.....	82
5.2.11	Protection du patrimoine culturel	82
5.2.12	Préservation de la biodiversité.....	84

5.2.13	Respect de la capacité de support des écosystèmes.....	85
5.2.14	Production et consommation responsable	87
5.2.15	Pollueur-payeur	88
5.2.16	Internalisation des coûts	89
5.3	La végétalisation du bâtiment comme solution durable pour les organisations	90
5.4	Critique de la végétalisation du bâtiment.....	92
5.4.1	Les risques d'embourgeoisement.....	92
5.4.2	La rentabilité et l'accessibilité	92
5.4.3	Les exigences techniques et réglementaires.....	94
5.4.4	Les risques en matière de sécurité civile.....	94
5.4.5	Les risques d'infection et d'allergies	95
5.4.6	La préservation des végétaux.....	96
5.4.7	La pluralité des compétences professionnelles	97
CONCLUSION		98
LISTE DES RÉFÉRENCES		101
BIBLIOGRAPHIE.....		119
ANNEXE 1 – REPRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE TOITURES VÉGÉTALES		120
ANNEXE 2 – REPRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE MURS VÉGÉTAUX		121
ANNEXE 3 – RÉSULTATS D'INVENTAIRE DES TOITURES VÉGÉTALISÉES.....		123
ANNEXE 4 – RÉSULTATS D'INVENTAIRE POUR LES MURS VÉGÉTALISÉS.....		128
ANNEXE 5 – RÉSULTATS D'INVENTAIRE POUR LES PROJETS DE VÉGÉTALISATION SANS DATE		130
ANNEXE 6 – SYNTHÈSE DES EFFETS ET DES PERSONNES EXPOSÉES À LA POLLUTION SONORE AU QUÉBEC.....		132
ANNEXE 7 – LA MESURE DU NIVEAU DE BRUIT ENVIRONNEMENTAL		133
ANNEXE 8 – EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE LA NASA SUR LES PLANTES INTÉRIEURES – RÉSULTATS AU FORMALDÉHYDE		134
ANNEXE 9 – EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE LA NASA SUR LES PLANTES INTÉRIEURES – RÉSULTATS AU BENZÈNE		135
ANNEXE 10 – EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE LA NASA SUR LES PLANTES INTÉRIEURES – RÉSULTATS AU TRICHLORÉTHYLÈNE		136
ANNEXE 11 – CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC – RELATION AVEC DIX PHÉNOMÈNES STRUCTURANT LES ÉCOSYSTÈMES		137

ANNEXE 12 – CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC – PROPORTION DE LA RÉPONSE POTENTIELLE DE 765 ESPÈCES	138
ANNEXE 13 – CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC – L'ÉVOLUTION DES NICHES DE 765 ESPÈCES	139
ANNEXE 14 – SCHÉMA PORTANT SUR LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR ET LA SANTÉ	140
ANNEXE 15 – QUESTIONNAIRE ET EXERCICE DE L'ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018	141
ANNEXE 16 – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT LIBRE ET ÉCLAIRÉ À L'INTENTION DES PARTICIPANTS À L'ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018	144
ANNEXE 17 – RÉSULTATS L'ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018	146
ANNEXE 18 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES ENVIRONNEMENTAUX.....	153
ANNEXE 19 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES SOCIAUX	154
ANNEXE 20 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES ÉCONOMIQUES	155
ANNEXE 21 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES TRANSVERSAUX	156

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Schématisation de la pensée cycle de vie	6
Figure 2.1	Les villes américaines ayant installé le plus de toits verts en 2016 selon la superficie.....	15
Figure 2.2	Les dix villes canadiennes ayant installé le plus de toits verts en 2016 selon la superficie.....	16
Figure 2.3	Les dix États ayant installé le plus de murs verts en 2015 selon la superficie	16
Figure 2.4	Les provinces canadiennes ayant installé le plus de murs verts en 2015 selon la superficie.....	16
Figure 3.1	Profil d'un îlot de chaleur urbain	30
Figure 5.1	Synthèse des résultats de l'analyse des principes par thématique	90
Tableau 2.1	Nombre de projet de végétalisation du bâtiment en fonction de la vocation et de la localisation du client recensé pour la période 2003-2017	19
Tableau 3.1	Contaminants atmosphériques préoccupants en matière de santé publique au Québec	26
Tableau 3.2	Valeurs de l'albédo des surfaces dans un environnement urbain	32
Tableau 3.3	Taux de ruissèlement en fonction du type de toit	35
Tableau 3.4	Répartition des valeurs marginales et des valeurs actuelles nettes des SE des systèmes agroforestiers pour une rotation de 40 ans	50
Tableau 4.1	Organisations ayant participé à l'enquête sur les perceptions des gestionnaires à l'égard de la végétalisation du bâtiment en 2018	59
Tableau 4.2	Résultats à la question : Pourquoi avoir réalisé un projet de végétalisation du bâtiment?	60
Tableau 4.3	Résultats à la question : Quelles ont été vos craintes en début de projet?	60
Tableau 4.4	Résultats à la question : Quels ont été les principaux défis pendant l'exécution du projet?.....	61
Tableau 4.5	Résultats à la question : Quelles ont été les retombées de votre projet?.....	61
Tableau 4.6	Résultats à la question : Referiez-vous à nouveau un projet de végétalisation du bâtiment	62
Tableau 4.7	Résultats à la question : Quelles sont les principales limites de la végétalisation du bâtiment au Québec autant pour les installations intérieures qu'extérieures?.....	62
Tableau 4.8	Résultats à la question : Identifiez les cinq enjeux de développement durable auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus à votre avis?	63
Tableau 4.9	Résultats à la question : Parmi les enjeux de développement durable touchés par la végétalisation du bâtiment, lesquels avec vous le sentiment de peu connaître?.....	63
Tableau 5.1	Coût et durée de vie en fonction des différents matériaux de revêtement de toiture.....	93

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

±	Plus ou moins
↑	Apparition
↗	Augmentation
↘	Diminution
ACV	Analyse de cycle de vie
AIE	Agence internationale de l'énergie
ASPC	Agence de la santé publique du Canada
AQBAT	<i>Air Quality Benefits Assessment Tool</i>
BAQ	Bureau National des Assurances du Canada
BNQ	Bureau de normalisation du Québec
°C	Degré Celsius
CC	Changements climatiques
CDB	Convention sur la Diversité Biologique
CH ₄	Méthane
CIUSSS	Centre intégré universitaire de santé et de service sociaux
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
CMQ	Communauté métropolitaine de Québec
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV	Composé organique volatil
CIRAIG	Centre international de référence sur le cycle de vie des produits
CVAC	Système de chauffage, de ventilation et d'air conditionné
dB	Décibel
dBA	Niveau de bruit en décibels
DD	Développement durable

GDT	Grand dictionnaire terminologique
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ha	Hectare
ICU	Îlot de chaleur urbain
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IOM	<i>Institute of Medicine</i>
IRC	Institut canadien de recherche en construction
Km	Kilomètre
km ²	Kilomètre carré
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LDD	<i>Loi sur le développement durable</i>
m	Mètre
m ²	Mètre carré
MAMROT	Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles
MÉSI	Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation
mmHg	Millimètre (mm) de mercure (Hg)
NO	Monoxyde d'azote
N ₂ O	Protoxyde d'azote
NO ₂	Dioxyde d'azote
MSP	Ministère de la Sécurité publique
Mt éq.	Tonne métrique d'équivalents
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NYCEDC	<i>New York City Economic Development Corporation</i>

O ₃	Ozone
OBNL	Organisme à but non lucratif
OMS	Organisation mondiale de la Santé
OQLF	Office québécois de la langue française
pH	potentiel hydrogène
pi ²	Pied carré
PM _{2,5}	Particules fines
ppb	Partie par milliard
RH	Ressources humaines
SAAQ	Société de l'assurance automobile du Québec
SE	Service écosystémique
SO ₂	Dioxyde de soufre
tep	Tonnes équivalentes de pétrole
US EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
RBQ	Régie du bâtiment du Québec
REDD	Réseau entreprise et développement durable
TDAH	Trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité
VAN	Valeur actuelle nette

LEXIQUE

Attractivité	Pouvoir de susciter l'intérêt (Dictionnaire Antidote, s. d.).
Bâtiment durable	Une construction répondant adéquatement aux besoins de ses occupants, qui génère un impact environnemental limité et dont les coûts de construction et d'exploitation sont raisonnables (Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire [MAMROT], 2010).
Biodiversité	Ensemble des organismes vivants d'une région donnée, considérés dans la pluralité des espèces, la diversité des gènes au sein de chaque espèce et la variabilité des écosystèmes (Grand dictionnaire terminologique [GDT], 2015).
Biophilie	Désigne l'affinité innée de l'homme pour le vivant et les systèmes naturels. Ce terme est parfois adopté dans le domaine de l'architecture et il fait référence à une conception qui se rapproche ou qui imite les conditions d'un environnement naturel (Voir Vert, s. d.).
Bon citoyen corporatif	Lorsqu'une entreprise se fixe comme principe d'éthique de servir à la fois les intérêts des actionnaires et propriétaires et ceux de la collectivité dans son ensemble, contribuant à l'économie du pays en cherchant à produire durablement une valeur ajoutée supérieure à la somme de ses coûts (GDT, s. d.).
Contaminant	Une matière solide, liquide ou gazeuse, un micro-organisme, un son, une vibration, un rayonnement, une chaleur, une odeur, une radiation ou toute combinaison de l'une ou de l'autre susceptible d'altérer de quelque manière la qualité de l'environnement (<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i>).
Court terme	Concerne une opération devant être dénouée dans un délai relativement court. Pour les obligations dont la durée n'excède pas 3 ans (GDT, 1984).
Création de valeur	Maximisation de la plus-value au profit des investisseurs dans une entreprise (GDT, 2006a).
Externalité	Effet positif ou négatif de l'activité d'une organisation ou d'une personne sur l'environnement humain, naturel ou économique. Une même activité peut produire à la fois des externalités positives et négatives (GDT, 2017).
Fidéliser	Prendre des moyens pour s'attacher une clientèle (GDT, 2006b).

Long terme	Désigne une opération conclue pour une longue durée. Pour les obligations, cela vaut à partir de 8 ans (GDT, 1984).
Organisation	Entité juridiquement constituée, à but lucratif ou non, à caractère privé ou public, visant la réalisation d'objectifs déterminés (GDT, 2010a).
Parties prenantes	Groupe ou particulier qui possède un intérêt plus ou moins direct dans la vie d'une organisation ou qui est susceptible d'être touché par des décisions prises par une organisation (GDT, 2006c).
Phytotechnologie	Solutions technologiques axées sur les plantes qui viennent en réponse à une grande diversité de problèmes environnementaux. Ce sont des technologies bâties par l'intervention humaine qui utilisent les plantes vivantes pour optimiser la livraison de divers services écosystémiques (SQP, 2018).
Polluant	Un contaminant ou un mélange de plusieurs contaminants, présent dans l'environnement en concentration ou quantité supérieure au seuil permmissible déterminé par règlement du gouvernement ou dont la présence dans l'environnement est prohibée par règlement du gouvernement (<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i>).
Service écosystémique	Avantage matériel ou immatériel que l'homme retire des écosystèmes (GDT, 2013a).
Végétalisation	Opération consistant à couvrir une surface de végétaux (GDT, 2018).
Verdissement	Opération visant à augmenter la quantité de végétaux présents dans un espace donné, motivée par des objectifs environnementaux et d'amélioration de la qualité de vie (Vivre en Ville, s. d.).

INTRODUCTION

Qu'il s'agisse de son empreinte écologique ou bien carbone, le secteur du bâtiment a un impact considérable sur l'environnement et la société à plusieurs égards. En milieu urbain ces infrastructures vont accroître l'étendue des surfaces minéralisées et imperméabilisées diminuant du même coup la superficie du couvert forestier. Cette transformation du territoire n'est pas sans conséquence. Le phénomène d'îlots de chaleur urbain (ICU), la pression exercée sur la gestion des eaux pluviales, la perte de biodiversité, la mauvaise qualité de l'air et la pression exercée par les changements climatiques (CC) sont quelques exemples de problématiques pouvant concerner la société dans son ensemble. Des organisations telles les institutions, les entreprises et les organismes à but non lucratif (OBNL) cherchent à contribuer à résoudre des enjeux économiques, sociaux et environnementaux en mettant en œuvre des actions vouées à garantir un développement durable (DD). Pour y parvenir, certaines d'entre elles vont penser le bâtiment autrement et chercher à trouver des solutions permettant de réduire les impacts occasionnés par sa construction et son exploitation. En dépit de la complexité des défis, des cas concrets ont démontré qu'il est possible d'améliorer la performance d'un bâtiment en matière de DD, notamment en misant sur des moyens phytotechnologiques comme la végétalisation du bâtiment. Pouvant intégrer de manière permanente des surfaces inutilisées du bâtiment comme les toitures ou les murs, cette phytotechnologie va rassembler un ensemble de techniques vouées à former un système permettant de soutenir la vie végétale (Dunnet et Kingsbury, 2008). Communément appelés « toit vert » ou « mur vert », les toitures végétalisées et les murs végétalisés apparaissent comme des moyens cohérents avec le concept de bâtiment durable puisqu'ils contribuent à améliorer la qualité de vie des individus tout en atténuant les atteintes de la construction sur la qualité de l'environnement. Or, la végétalisation du bâtiment peut-elle être considérée ou non comme une solution durable pour les organisations?

Cette phytotechnologie est en émergence et s'inscrit dans l'évolution du bâtiment durable. En raison de l'étendue des impacts réels et/ou potentiels, est complexe à analyser ce qui dans certains cas peut freiner la compréhension des impacts. Plusieurs ouvrages scientifiques abordent le sujet. Cependant, encore aujourd'hui, il y a des lacunes dans la littérature plus particulièrement en fonction du contexte québécois. Manifestement, les ouvrages publiés à ce sujet traitent surtout des toitures végétalisées et très peu des murs végétalisés, et ce, malgré que les impacts globaux puissent être similaires. De plus, ce sont généralement les avantages et les inconvénients qui sont abordés dans une perspective théorique. Les études conjuguant l'aspect théorique avec la pratique sont limitées. La plupart des études ont été réalisées sur le plan macro révélant ainsi les impacts pour la société en général. Par ailleurs, peu d'ouvrages traitent des motivations, des préoccupations et de la satisfaction d'organisations ayant implanté des murs ou des toitures végétalisées comme moyen technologique permettant de résoudre des enjeux en DD. Cerner les perceptions des gestionnaires à ce sujet, plus particulièrement dans la prise en compte d'enjeux par cette technologie, est un défi à relever. Finalement, un autre frein à la compréhension du sujet repose sur le fait qu'il est difficile d'avoir un portrait juste de la végétalisation du

bâtiment au Québec. En excluant les renseignements partagés par *Green Roofs for Healthy Cities*, aucun état des lieux ne semble avoir été effectué afin d'exposer l'évolution de cette phytotechnologie au fil du temps. En l'absence d'informations permettant de répertorier et de quantifier avec précisions les toits/murs verts au Québec, il peut s'avérer difficile de connaître le nombre de projets réalisés annuellement et le type de système incluant leur superficie.

Compte tenu de ce qui précède, il est tout à fait pertinent de s'intéresser de manière globale à cette phytotechnologie en se penchant au contexte organisationnel québécois, c'est-à-dire aux institutions, aux entreprises et aux OBNL du Québec. L'objectif général de recherche est de cerner l'impact de la végétalisation du bâtiment comme solution durable pour les organisations au Québec. Étant une analyse globale en DD, les quatre objectifs spécifiques pour y parvenir sont : Tout d'abord, de dresser un état des lieux de la végétalisation du bâtiment au Québec en exposant son évolution depuis les 15 dernières années, soit entre 2003 et 2017. Ensuite, d'expliquer comment cette phytotechnologie peut contribuer à résoudre des enjeux en DD en produisant une revue de littérature à ce sujet. Après, de rapporter les perceptions d'organisations ayant opté pour un ou des projets de végétalisation du bâtiment entre 2003 et 2017, en réalisant une enquête auprès des entreprises, des institutions ou des OBLN possédant une toiture ou un mur végétal. Finalement, d'expliquer comment cette phytotechnologie peut être considérée ou non comme une solution durable pour les organisations en analysant sa correspondance en regard aux seize principes de la *Loi sur le développement durable* à titre de cadre de référence.

Ainsi, quatre grands chapitres composent ce travail. À commencer par la mise en contexte, cette première partie aborde l'évolution du bâtiment au Québec, les principaux impacts attribuables à l'industrie du bâtiment, l'évolution du développement durable et les bases théoriques nécessaires à la compréhension du concept de végétalisation du bâtiment. Ensuite vient l'état des lieux de la végétalisation du bâtiment au Québec pour la période 2003-2017, la revue de littérature abordant les enjeux de DD en lien avec le sujet sur le plan théorique, l'enquête sur les perceptions des gestionnaires à l'égard de la végétalisation du bâtiment et finalement, l'analyse de la végétalisation du bâtiment comme solution durable pour les organisations. Les aspects méthodologiques entourant l'exécution de ce travail sont abordés par section.

1. MISE EN CONTEXTE

En guise de mise en contexte, ce premier chapitre comprend un bref historique de l'évolution du bâtiment au Québec et des principaux impacts attribuables à ce secteur, aborde l'émergence du concept de DD et de bâtiment durable puis finalement, traite de la végétalisation du bâtiment.

1.1 L'évolution du bâtiment au Québec

Passant de la tradition à la modernité, le bâtiment québécois a grandement évolué au fil du temps. Cette section présente un bref historique de son adaptation et de son évolution du 17^e au 21^e siècle.

Les tout premiers bâtiments construits entre 1600 et 1760 sont de tradition française alors que ceux après la conquête de 1759 sont de tradition anglaise où, jusqu'au début du 20^e siècle, les techniques furent standardisées. Les fondations étaient peu profondes et les murs étaient très épais. En plus d'être souvent humides et vulnérables à l'effritement du mortier, les murs n'avaient pas de barrières pour limiter les infiltrations d'eau. Le manque d'expertise, les particularités géographiques et l'accessibilité des matériaux ont largement influencé les techniques de construction à l'époque. S'inscrivant dans une logique de subsistance, des matériaux locaux comme le bois, le papier, la pierre et la terre furent utilisés pour la plupart des composantes du bâtiment. Avant qu'ils soient fabriqués sur place, certains matériaux comme la vitre pour les fenêtres, le fer-blanc pour la couverture et la brique pour les murs et les fondations furent importés d'Europe jusqu'au milieu du 19^e siècle. Au fil du temps, l'acquisition de nouvelles connaissances a permis d'améliorer la conception des bâtiments. Par exemple, les toitures ont évolué passant d'une pente à 60° au 17^e siècle à une pente à 45° et aux toits plats au 19^e siècle (Bergeron, 2004). Les années 1760 à 1860 révèlent les premières traces de l'évolution du bâtiment en fonction du climat. Les réels progrès en matière de fondations qui étaient désormais plus profondes et l'amélioration des systèmes de chauffages qui étaient plus performants sont de grands exemples d'ingéniosité (Lessard et Marquis 1972).

En 1850 arrive la Révolution industrielle marquant l'apparition des matériaux préfabriqués. Par exemple, la brique devenait moins couteuse que la pierre, car sa production industrielle s'effectuait au moyen d'un procédé par extrusion. Le plâtre fut aussi son apparition comme matériau de finition ce qui remplaça la chaux renforcée par du crin de cheval ou du poil de vache. Les années 1880 sont marquées par la prise en compte des enjeux sanitaires comme la gestion des eaux pluviales et des eaux usées (Bergeron, 2004). Les débuts de l'électrification du bâtiment surviennent de 1878 à 1897 alors que la croissance de la demande en électricité est marquée au milieu du 20^e siècle (Hydro-Québec, 2018). Arrive les années suivant la Deuxième Guerre mondiale en 1945 qui furent marquées par l'émergence des matériaux synthétiques plus abordable comme les panneaux de gypses. Pour nommer que ceux-ci, le béton remplace la pierre pour les fondations, l'aluminium remplace le bois pour les fenêtres, la laine minérale remplace le papier noir pour l'isolation puis le goudron, l'asphalte, la tôle galvanisée et l'acier inoxydable remplacent le bois et le fer-blanc pour la couverture (Bergeron, 2004). L'année 1971 est marquée par le

premier choc pétrolier propulsant ainsi la conception de bâtiments axés sur le gain solaire (Walker, 1997 et D. Quirion architecte, rencontre, 17 janvier 2018). Depuis 1980, les efforts en matière d'isolation sont significatifs. Les portes et les fenêtres deviennent en fibre de verre en plus d'être doublement sellées d'un coupe-froid améliorant ainsi l'étanchéité et le rendement thermique du bâtiment (Bergeron, 2004). Les bâtiments des années 1920 à 2000 ont été imprégnés par de grands courants architecturaux comme l'académisme et le modernisme. Aujourd'hui, les principaux styles architecturaux sont le postmoderne et le néo-moderne moderne (Walker, 1997 et D. Quirion architecte, rencontre, 17 janvier 2018). La construction ou la rénovation se font de manière à satisfaire les besoins et/ou améliorer la qualité de vie des occupants. Les enjeux sont la santé et la sécurité des occupants, l'efficacité énergétique, l'utilisation efficace des ressources naturelles, le respect de l'environnement et la rentabilité économique (Bergeron, 2004). Renforcer la résilience du bâtiment et de ses occupants afin d'accroître la capacité d'adaptation aux changements climatiques figure aussi parmi les grandes préoccupations (Joerin, Després, Potvin, Rodriguez, Vachon et Vandermissen, 2014).

En définitive, chaque époque relate l'adaptation du bâtiment en fonction des besoins des occupants et des contraintes de l'environnement. Tout au long de l'histoire, les grands facteurs d'évolution du bâtiment ont donc été l'accessibilité des produits, l'acquisition de connaissances techniques, la standardisation des procédés de construction et de fabrication des matériaux, les considérations en matière de salubrité et finalement, son adaptation en fonction du contexte climatique et de la conjoncture socioéconomique.

1.2 Principaux impacts attribuables à l'industrie du bâtiment au Québec

Qu'il soit conventionnel ou considéré comme durable, malgré son évolution au fil du temps, le bâtiment n'est pas sans conséquence sur l'environnement et la santé de la population. Les principaux impacts attribuables au bâtiment et la pression exercée par les CC sont abordés dans cette section.

1.2.1 L'empreinte écologique et carbone

Pour exprimer de manière symbolique l'impact d'un objet ou d'une activité sur différentes sphères environnementales, l'empreinte écologique et l'empreinte carbone sont fréquemment utilisées. Ces expressions s'appliquent d'ailleurs au bâtiment.

Relativement à l'empreinte écologique, il s'agit d'une mesure quantifiant l'équivalent de la superficie des terres productives et des eaux nécessaires afin de répondre aux besoins liés à la consommation humaine. Dans le cas d'un bâtiment par exemple, les principaux facteurs à considérer seraient la consommation d'énergie, la pollution générée, l'utilisation des ressources naturelles requises pour la construction et la production de déchets. En d'autres mots, l'empreinte carbone est la trace que laisse le bâtiment sur les écosystèmes naturels (Grand dictionnaire terminologique [GDT], 2013b). En 2013, le Canada fut le 12^e pays affichant la plus grande empreinte écologique par habitant. Avec une empreinte écologique globale

d'environ 308 millions d'hectares (ha), cela représente une empreinte de 8,8 ha par habitant (*Global Footprint Network* [GFN], 2013). Pour le bâtiment, les données les plus récentes datent de 2010 où 3 % de l'empreinte écologique totale des Canadiens est attribuable à l'espace consacré au bâti (*Wildlife Fund of nature* [WWF], 2014). Pour mieux comprendre l'importance de cette empreinte écologique, il devient alors pertinent de s'intéresser à l'urbanisation des milieux.

À vrai dire, l'urbanisation est définie comme étant un phénomène démographique se traduisant par une tendance à la concentration de la population dans les villes (Encyclopédie Larousse, s. d.). L'implantation d'infrastructures et de bâtiments nécessite la conversion des terres à l'état naturel en zones urbaines. Ces transformations majeures dans l'occupation du sol sont à l'origine de plusieurs problématiques en DD. Dans le cas du Québec, la plupart des villes québécoises sont largement dévégétalisées au profit des surfaces minéralisées. À titre indicatif, la proportion du couvert forestier de la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) était estimée à 23,2 % en 2014. Cela veut dire qu'elle se classe parmi les régions métropolitaines nord-américaines ayant la plus faible proportion en termes de superficie consacrée au couvert forestier. C'est exactement 4,1 % des espaces boisés qui auraient été perdus contre un faible gain de superficie boisée de 0,2 % entre 2001 et 2014. En nombre d'hectares, cette baisse représente près de 3 819 ha alors que le gain du couvert boisé est de 221 ha. L'agglomération se situe donc au 14^e rang des régions ayant perdu la plus forte proportion forestière depuis le début des années 2000. Relativement aux aires naturelles protégées, elles représenteraient 41 956 hectares en 2014. La proportion d'aires naturelles protégées représenterait 9,6 % de la superficie totale de la métropole. Par contre, seulement 2,5 % de cette superficie est en milieu terrestre alors que le reste est en milieu aquatique. La faible proportion du territoire métropolitain en aires protégées explique que le Grand Montréal soit au 9^e rang. Du côté de la région métropolitaine de Québec, elle se situe au troisième rang tout près derrière les villes de Boston et de Seattle avec une proportion de couverts forestiers supérieure à 70 %. Pour les aires protégées, cette proportion est inférieure à 6 % ce qui explique sa 15^e position par rapport aux autres régions métropolitaines nord-américaines. (CMM, 2016) Par contre, les milieux forestiers de la CMQ représenteraient 66 %, soit exactement 220 400 ha. À vrai dire, 60 % des complexes forestiers répertoriés auraient une superficie supérieure à 20 ha alors que 56 % du territoire présenterait un intérêt élevé pour la biodiversité. En excluant les proportions attribuables aux MRC avoisinantes, les complexes forestiers de l'agglomération de Québec et de la Ville de Lévis se situent autour de 25 % ce qui est loin d'être représentatif des résultats de la CMQ dans son ensemble. (CMQ, 2015) En règle générale, la superficie nécessaire pour le maintien de la biodiversité animale et végétale devrait être supérieure à 30 % (Andrén, 1994). Les deux plus grandes villes québécoises, soit Montréal et Québec, n'atteignent pas ce seuil.

À propos de l'empreinte carbone, il s'agit de la somme des émissions de GES découlant des activités humaines (GDT, 2010b), c'est-à-dire dans le cas présent, des émissions attribuables au bâtiment. À l'échelle du Canada, près de 12 % des émissions de GES proviendraient du bâtiment depuis 1990.

Relativement au secteur des bâtiments commerciaux et résidentiels, les émissions ont augmenté de 14 Mt entre 1990 et 2005, puis diminué de 4 Mt jusqu'en 2012 en raison des mesures d'efficacité énergétique (Environnement et changement climatique Canada, 2014). À l'échelle du Québec, 10 % des émissions de GES proviendraient de secteur du bâtiment (MDDELCC, 2015).

1.2.2 La pensée cycle de vie

L'analyse de cycle de vie (ACV) du bâtiment permet aussi d'évaluer les impacts environnementaux, mais à la différence, l'analyse prend en compte toutes les étapes de son cycle de vie. Dans le choix des matériaux par exemple, cela comprend l'extraction des matières premières, la fabrication du produit en usine, la distribution jusqu'au chantier, l'utilisation du bâtiment une fois livrée et finalement, la gestion des produits en fin de vie lors du démantèlement (Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services [CIRAIG], s. d.). À titre démonstratif, la figure 1.1 montre l'ensemble des étapes du cycle de vie. Ce modèle s'applique autant pour le bâtiment que pour les matériaux (produits).

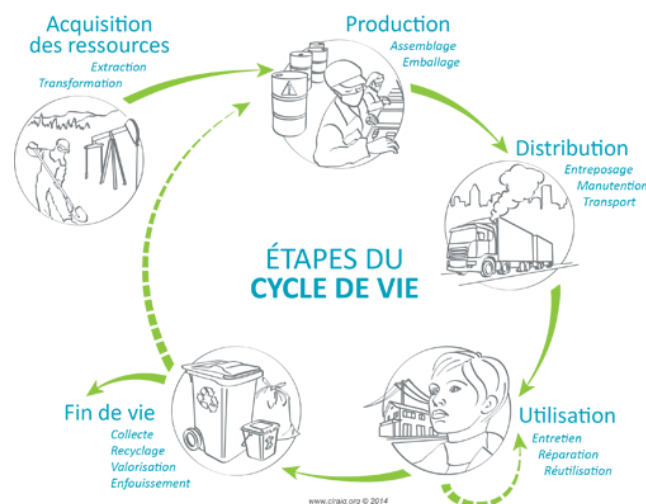


Figure 1.1 Schématisation de la pensée cycle de vie (tiré du : CIRAIG, s. d.)

Des experts en bâtiment et en modélisation se sont penchés sur la performance environnementale de la Maison du Développement Durable (MDD) à Montréal en utilisant la pensée cycle de vie comme moyen pour comprendre et réduire l'impact global du bâtiment. Étant une vitrine en matière de bâtiment durable au Québec, les impacts de la MDD ont été comparés à ceux des bâtiments conventionnels, soit un bâtiment de référence où l'impact a été fixé par convention à 100 %. L'analyse montre que la MDD serait 3,27 fois moins polluante que le bâtiment de référence, notamment en raison du choix des matériaux et des mesures d'efficacité énergétique. À titre d'exemple, pour les émissions de GES, 9 434 tonnes éq. de CO₂ seraient épargnées grâce aux nombreux attributs écologiques du bâtiment. Or, le fait que l'électricité produite au Québec provient à 97 % d'énergies renouvelables contribue aussi à réduire les émissions de

GES liées à l'exploitation du bâtiment comme l'utilisation de la climatisation l'été. Il existe aussi des variations en termes d'impacts par famille de matériaux. En fonction de leur contribution au réchauffement climatique par exemple, les familles dégageant le plus d'émissions de GES seraient le béton armé (59,9 %), le panneau de gypse (11,5 %) et la tubulure d'acier (7,2 %). À l'inverse, celles dégageant le moins d'émissions de GES seraient la pierre de toiture (0,2 %), le profilé d'acier (0,3 %) ainsi que le fibrociment (0,3 %). Les impacts varieront à chaque étape du cycle de vie du bâtiment. À cet effet, en fonction de cette analyse, il semble que les proportions les plus significatives sont attribuables à la fabrication des produits et à l'exploitation du bâtiment. (Équiterre, 2017)

Le choix des matériaux semble donc être un incontournable afin de réduire l'impact global du bâtiment. Les ACV permettent d'illustrer que globalement, le bâtiment n'est pas sans conséquence sur la santé de la population, la qualité de l'environnement et l'utilisation des ressources naturelles. Correspondant à un cas classique d'externalités négatives, la pollution générée par le bâtiment est susceptible d'affecter les populations, les écosystèmes, les cours d'eau et la qualité de l'air tout au long de son cycle de vie. Dans ces conditions, il est donc logique de considérer le DD pour l'industrie du bâtiment.

1.2.3 Les changements climatiques

Les changements climatiques (CC) sont soulevés, car ils peuvent accroître la vulnérabilité des bâtiments et de la population. Les origines ainsi que les principaux effets sont abordés dans cette section.

Depuis les années 1950, plusieurs changements ont été observés par rapport au système climatique. Bien que certains facteurs naturels comme l'activité volcanique, la production solaire et l'orbite de la Terre puissent altérer le climat, il semble que les causes des CC soient attribuables aux activités humaines. Le brûlage de combustibles fossiles, la conversion de zones forestières vers des zones agricoles et l'intensification des activités humaines à partir de la Révolution industrielle seraient les principales causes à l'origine de ce dérèglement global. Parmi les effets environnementaux, les plus significatifs figurent le réchauffement de l'atmosphère et des océans, la diminution de la couverture de neige et de glace et l'élévation du niveau des mers. À titre d'exemple, les concentrations plus élevées de GES dans l'atmosphère expliqueraient l'accroissement de l'effet de serre illustrant ainsi l'effet global des activités humaines sur le réchauffement planétaire (Environnement et ressources naturelles Canada, 2015). Ce déséquilibre vient accentuer les risques liés à l'intensification des catastrophes naturelles et à l'augmentation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes. Partout à travers la planète les experts prétendent que les sociétés doivent inévitablement accroître leur capacité d'adaptation par rapport à ces changements (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC], 2013). Dans un rapport d'Ouranos (2015), il est démontré que les changements susceptibles d'affecter l'environnement bâti québécois sont les variations de température selon les saisons ainsi que les variations au niveau des précipitations et de la qualité de l'air. Les effets sont multiples et apparaîtront

surtout sur une période à long terme, c'est-à-dire ± 100 ans. D'autres phénomènes comportent des risques pour le bâtiment et la population, mais ne semblent pas affecter directement la végétalisation du bâtiment. Il s'agit des risques liés aux inondations, aux débits des rivières, à la salinisation de l'eau mer, à la hausse du niveau la mer et à la période des glaces marines (Ouranos, 2015).

Ainsi, l'industrie du bâtiment pourrait être largement affectée par les changements climatiques. Réduire les émissions de GES attribuables au bâtiment et adapter les infrastructures sont les principales options avancées afin de lutter stratégiquement contre les changements climatiques (GIEC, 2013).

1.3 Évolution du développement durable au Québec

Avant même d'approfondir les concepts de bâtiment durable et de végétalisation, il importe de s'intéresser à leurs fondements, soit les racines du développement durable sociétal et organisationnel.

1.3.1 Le développement durable en contexte sociétal

Tout au long de l'histoire, l'humain a pris conscience de l'impact qu'il pouvait avoir sur l'environnement. L'évolution de cette conscientisation individuelle et collective est progressivement devenue le reflet d'une nécessité à considérer des façons de faire plus durable. C'est précisément au tournant des années 1980 par le biais de l'Union internationale pour la conservation de la nature que le terme développement durable (DD) a fait sa première apparition. En 1987 arrive la publication du Rapport Brundtland de la Commission de l'Environnement et du développement des Nations Unies qui a largement contribué à diffuser le concept suscitant ainsi l'intérêt des dirigeants politiques à l'échelle internationale. En plus de faire le parallèle univoque entre la protection de la biosphère et le développement responsable de l'humanité (Office québécois de la langue française [OQLF], 2013), les fondements de ce rapport vont devenir les assises des principes fondamentaux voués à structurer les programmes d'action en DD comme Action 21 à l'intérieur de la Déclaration de Rio. Accordés par 179 nations en 1992, ces principes abordent les grands problèmes planétaires sous 39 thèmes liés au développement social et économique, à la protection de l'environnement, à la gestion des ressources et à la participation citoyenne. En plus de favoriser l'identification des problématiques, la prise en compte des principes devient ainsi essentiel afin de garantir la mise en œuvre des actions en DD. En 2002 arrive le Sommet mondial sur le DD de Johannesburg qui a été marqué par le renouvellement des engagements des nations signataires (MDDELCC, 2018). Cherchant à préciser et à garantir la mise en œuvre de ces intentions à cet égard, l'Assemblée nationale du Québec a ainsi adopté en 2006 *la Loi sur le développement durable* (LDD) à l'intention de l'administration publique. En fonction de ce texte de loi, le DD est défini comme étant un :

« Développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Le développement durable s'appuie sur une vision à long terme qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement. » (*Loi sur le développement durable*)

Il est pertinent de nuancer les mots principe et enjeu dans l'application du concept de DD. Selon Valiquette et Lombardo (2012), les principes relèvent de la compréhension d'un cadre général voué à structurer la pensée à un niveau conceptuel, soit sur le plan macro. Formalisant les aspirations de la société, ils sont susceptibles d'influencer l'articulation des stratégies vouées à prendre en compte les enjeux. En d'autres mots, les principes permettent d'exprimer de manière générale les choix de société. Les enjeux se réfèrent quant à eux aux nombreux défis, occasions et risques associés aux pratiques organisationnelles, c'est-à-dire sur le plan micro. La résolution des problèmes devient plus concrète à ce niveau malgré que la prise en compte des enjeux puisse être influencée par les principes en amont. Ces deux niveaux se façonneront mutuellement, car la société et les organisations évolueront de manière intrinsèque au fil du temps (Valiquette et Lombardo, 2012). À l'évidence, le DD est un concept aux multiples définitions, car il doit tenir compte de son contexte d'application. Étant donné que le périmètre de l'étude concerne les organisations au Québec, il est tout à fait logique de s'attarder à cette définition malgré qu'elle s'appuie sur une vision et des principes reposant sur des intérêts d'ordre collectif.

1.3.2 Le développement durable en contexte organisationnel

Il a été observé que le DD en contexte organisationnel correspond davantage à la mise en œuvre d'actions vouées à prendre en compte des enjeux environnementaux, sociaux et économiques. Or, il existe d'autres définitions plus adaptées et représentatives des réalités organisationnelles pour définir l'application du DD en fonction de ce contexte. À cet effet, la définition suggérée par Tima Bansal (2017), professeure de gestion stratégique à l'Université de Western Ontario semble plus appropriée :

« Le développement durable est l'atteinte d'un triple bilan équilibré [soit] une façon de gérer à la fois les risques, les obligations et les opportunités dans les domaines financier, social et environnemental [...] afin de créer des organisations résilientes. » (Bansal, 2017)

En plus d'accorder une importance à l'atteinte d'un développement rationnellement équilibré, cette définition révèle qu'il est important de considérer l'efficience économique, l'équité sociale et la responsabilité environnementale de l'organisation. Qu'elle soit à caractère public ou privé, l'organisation résolue à améliorer durablement ses pratiques et assurer sa pérennité à long terme cherchera à mettre en œuvre des solutions dans ces conditions.

Par ailleurs, les consommateurs et les citoyens peuvent aussi influencer les organisations en faveur du DD. Selon le baromètre de la consommation responsable 2017, un plus grand nombre de Québécois aspirent une consommation plus responsable, c'est-à-dire seraient prêts à repenser leur mode de vie et de consommation. C'est exactement 85,9 % des répondants, soit 6,3 % de plus par rapport à 2016. Parmi les principales attentes des consommateurs envers les entreprises figure le respect des droits des employés et des clients, les efforts voués à protéger l'environnement ainsi que l'implication sociale et communautaire (Observatoire de la Consommation Responsable [OCR], 2017). Le Ministère de

l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MÉSI) estime d'ailleurs que 30 % des entreprises adopteront une démarche de DD d'ici 2020, soit une hausse de 8 % par rapport à 2013 (22 %). Les principaux bénéfices perçus par les dirigeants seraient l'amélioration entourant la gestion des risques, l'accès à de nouveaux marchés, la réduction des coûts, la capacité d'attractivité et de rétention de la main d'œuvre ainsi que l'acceptabilité sociale (MÉSI, 2016). À la lumière de ces informations, il semble donc y avoir une tendance grandissante pour le DD, cela plus particulièrement auprès de l'appareil gouvernemental, de la population et des organisations québécoises.

1.4 Émergence du bâtiment durable

Qu'il s'agisse d'un bâtiment vert ou durable, il existe plusieurs définitions permettant de décrire un édifice s'arrimant au concept de DD. Néanmoins, aucune définition ne permet de décrire formellement le concept encore aujourd'hui. Les multiples nuances quant à l'interprétation du mot « durable » pourraient expliquer que la compréhension du concept de bâtiment durable ne soit pas la même pour tous les acteurs de l'industrie. À cela s'ajoute évidemment l'expérience professionnelle, les connaissances et la formation acquises par les individus. Ce sont des facteurs susceptibles d'influencer les perceptions à ce sujet. La première définition est celle du GDT qui caractérise le bâtiment durable comme étant un :

« Bâtiment dont la conception, la réalisation et l'utilisation visent à satisfaire aux principes de respect à long terme de l'environnement physique, social et économique. » (GDT, 2011a)

À partir de cette définition qui se veut générale, le bâtiment durable semble contribuer à l'atteinte des principes du DD dans une perspective à long terme. Du côté des grandes institutions gouvernementales se partageant les diverses responsabilités du cadre bâti québécois, c'est-à-dire la Régie du bâtiment du Québec (RBQ), la Société québécoise des infrastructures (SQI), le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) et le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), seul ce dernier définit le concept de bâtiment durable comme étant :

« Une construction répondant adéquatement aux besoins de ses occupants, qui génère un impact environnemental limité et dont les coûts de construction et d'exploitation sont raisonnables. » (MAMROT, 2010 : 8)

Cette définition intègre les trois piliers du DD, soit le social, l'environnemental et l'économique. Du côté de la dimension sociale, la conception du bâtiment permet de garantir l'accès universel dans un souci d'équité, la sécurité et le confort des occupants de manière à ce que le bâtiment puisse évoluer au fil du temps tout en continuant à répondre aux besoins. L'aspect culturel est aussi mentionné, car le bâtiment contribuerait à renforcer l'identité culturelle de la collectivité tout en contribuant à embellir le paysage urbain. D'un point de vue environnemental, la consommation d'énergie serait limitée tout comme les émissions de gaz à effet de serre (GES). En ce sens, la localisation du bâtiment permettrait de réduire la distance des déplacements. De manière à réduire l'empreinte écologique, les matériaux de construction à

faible impact environnemental seraient privilégiés. La production de déchets lors de la construction et de l'exploitation du bâtiment serait aussi réduite. Du côté de la dimension économique, l'édifice devrait conserver sa valeur à long terme alors que les coûts d'exploitation seraient réduits pendant son cycle de vie. L'ensemble du projet devrait aussi avoir un impact positif sur l'économie locale (MAMROT, 2010 : 8).

1.4.1 Les tendances et certifications en matière de bâtiment durable

Des publications comme celle du *SmartMarket Report* publié par *Dodg Data & Analytics* (2016) montre que la construction écologique est une tendance mondiale où l'amélioration de l'efficacité énergétique est au cœur des préoccupations. C'est la reconnaissance des propriétaires pour les projets verts qui soutiendrait le plus la croissance des marchés verts mondialement. En sept ans, la demande venant de la clientèle pour ce type de projet aurait passé de 34 % en 2008 à 40 % en 2015 cela malgré que la demande moyenne des marchés soit passée de 42 % en 2008 à 25 % en 2015. Les marchés les plus matures dans la construction de projets verts, c'est-à-dire ceux affichant les proportions les plus élevées par rapport aux constructions conventionnelles en 2015, sont les États-Unis (39 %), l'Allemagne (35 %), la Pologne (34 %) et le Royaume-Uni (27 %). Bien que les facteurs d'intentions varient d'un pays à l'autre, la croissance attendue résulterait principalement d'une plus grande prise de conscience des décideurs en ce qui a trait aux nombreux avantages commerciaux ainsi que de l'influence des exigences réglementaires imposées par les autorités (*DODG Data & Analytics*, 2016).

Plus particulièrement au Canada, selon une enquête publiée par *McGraw Hill Construction*, ce marché prendrait de plus en plus d'ampleur. En 2017, 56 % des répondants affirmaient que plus de 30 % de leurs projets seraient une construction durable (McGraw Hill Construction, 2014). Selon des estimations publiées dans un rapport du Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCa), l'industrie du bâtiment durable représenterait 23,45 milliards de dollars en produit intérieur brut (PIB) ainsi que 297 890 emplois à temps plein en 2014 (CBDCa, 2014). Cette même organisation a enregistré une progression significative de son nombre d'adhérents depuis 13 ans. Elle comptait exactement 200 membres en 2003, 1 665 membres en 2013 et 2 304 membres en 2016 (CBDCa, 2012. CBDCa, 2013 et CBDCa, 2016). Avec cet exemple, il devient ainsi possible de considérer que les professionnels de l'industrie semblent de plus en plus intéressés par les organisations faisant la promotion des bâtiments écologiques. Selon ce qui a été observé précédemment, 4,1 % des répondants déclarent résider dans une habitation écologique et 30,8 % d'entre eux considéreraient l'option écologique pour leur prochaine habitation (OCR, 2017).

Cet intérêt grandissant pour le bâtiment durable est aussi visible par le biais des programmes de certifications. En effet, il existe plusieurs certifications qui actuellement, reconnaissent les efforts au niveau de la conception, de la construction et de l'exploitation d'un bâtiment durable. Selon un rapport publié par l'entreprise Alto₂ en 2015, les certifications les plus répandues au Canada sont d'abord BOMA BEST de BOMA Canada suivi de la *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) du *Green*

Building Council ainsi que le programme Novoclimat du Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). De nouvelles certifications comme BREEAM du *Building Research Establishment* (BRE), Haute Qualité Environnementale (HQE™) de Cerway et *Living Building Challenge* (LBC) de l'*International Living Future Institute* (ILFI) font tranquillement leur entrée sur les marchés canadiens depuis 2014. En ce qui a trait aux trois grandes certifications bien implantées au pays, pour un total de 1 111 projets en 2014, 562 d'entre eux aurait été certifiés BOMA BEST et 549 LEED. Entre 2005 et 2014, cela représentait plus de 4 124 projets BOMA BEST et 2 355 projets LEED, soit un total de 6 479 projets certifiés durant cette période. Parmi les principaux secteurs touchés figurent les bureaux (44 %), les commerces (15 %), le résidentiel (13 %) et l'industriel (8 %). Témoinant de la volonté d'améliorer l'efficacité énergétique, le programme de subvention du gouvernement du Québec comme NovoClimat 2.0 a supporté 485 projets entre 2005 et 2013 ce qui représente 9 766 logements (Alto₂, 2015). La progression du nombre de projets certifiés vient donc confirmer le fait qu'il y aurait un intérêt grandissant de l'industrie pour le bâtiment durable au Canada.

1.5 Végétalisation du bâtiment

Pour bien définir le périmètre d'application de la végétalisation du bâtiment, il est pertinent de nuancer le verdissement de la végétalisation. L'organisme Vivre en Ville (s. d.) définit d'ailleurs le verdissement comment étant une opération visant à augmenter la quantité de végétaux présents dans un espace, cela dans l'objectif de résoudre ou d'atténuer une problématique environnementale tout en améliorant la qualité de vie en milieu urbain (Vivre en ville, s. d.). Étant mutuellement inhérente, la végétalisation se rapporte davantage aux opérations vouées à couvrir une surface de végétaux (OQLF, 2015). En d'autres mots, le verdissement urbain repose sur des stratégies globales se planifiant à l'échelle d'un territoire tandis que la végétalisation quant à elle, correspond davantage au moyen de mise en œuvre à l'échelle d'un bâtiment par exemple. Les différentes formes de végétalisation du bâtiment sont les techniques d'aménagement utilisés afin de résoudre plusieurs problématiques en milieu urbain (Garant, Geoffroy, Hutchinson et Poisson, 2013). Une représentation des différents systèmes de végétalisation du bâtiment figure dans les annexes 1 et 2.

En ce sens, Nigel Dunnet et Noël Kingsbury (2008) affirment que la végétalisation du bâtiment se caractérise comme étant un ensemble de techniques vouées à former un système quasi symbiotique entre les plantes vivantes, le bâtiment et l'humain. Étant part intégrante du bâtiment, la végétalisation du bâtiment comprend donc les toits et les murs végétalisés (Dunnet et Kingsbury, 2008). Qu'il soit installé verticalement ou horizontalement, le système devra être conçu de manière à supporter le développement d'espèces végétales. Bien que les composantes structurelles puissent varier d'un système à l'autre, cela comprend généralement le substrat de croissance, le drainage et l'irrigation (Bernier, 2011). Dans ces conditions, le concept de végétalisation du bâtiment exclut donc le terrain, les biens meubles ainsi que les installations temporaires comme les bacs de jardinage par exemple. En termes d'exclusion s'ajoutent

aussi les plantes ainsi que les fleurs artificielles, car ce sont des objets inorganiques n'effectuant pas de photosynthèse. Dans ces conditions, ce concept exclut les terrains, les biens meubles et les installations temporaires comme les bacs de jardinage. En termes d'exclusion s'ajoutent aussi les plantes/fleurs artificielles, car ce sont des objets inorganiques n'effectuant pas de photosynthèse.

1.5.1 Les toitures végétalisées

En règle générale, les toitures végétalisées se déclinent en système intensif ou extensif. Les systèmes intensifs sont caractérisés par un sol profond, un poids plus élevé, un entretien plus fréquent, un coût en capital plus élevé ainsi qu'une plus grande diversité dans le choix des plantes. Des arbres et des arbustes peuvent même être plantés dans ce type d'aménagement. Du côté des systèmes extensifs, ils sont caractérisés par un substrat plus mince, une plus grande légèreté, un faible coût en capital et un entretien minimal ainsi que peu ou pas d'irrigation. La diversité dans le choix de plantes est donc plus faible (Trottier, 2008). De manière à protéger l'enveloppe du bâtiment, une toiture végétalisée comprendra généralement plusieurs couches. À commencer par la structure du toit, le système comprend ensuite un pare-vapeur, un isolant thermique, une couche d'étanchéité antiracines, une couche de drainage, une membrane filtrante et finalement, une couche de substrat et de végétation (Lassalle, 2008).

Au-delà des fameux jardins suspendus de Babylone qui remonte à l'époque de l'Antiquité ou bien encore des habitations traditionnelles scandinaves comme celles du *Setesdal* datant du 17^e siècle et toujours visibles aujourd'hui au *Norsk Folkemuseum* (s. d.) en Norvège, les premières traces de la végétalisation du bâtiment en Amérique du Nord remontent aux années 1800. Les colons des grandes plaines, de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse, qui par manque de ressources en bois, ont utilisé de la tourbe, des algues voir même, des couches de sol enrichi de graminées afin d'isoler leur habitation (Bernier, 2011). Construit au 17^e siècle, la Citadelle de Québec possède encore aujourd'hui des surfaces végétalisées (Musée Royal 22^e Régiment, 2017). Sur le plan moderne, les premiers systèmes ont fait leurs apparitions de manière significative au tournant des années 2000. Les architectes du paysage Cornelia Hahn Oberlander au Canada et Theodore Osmundson aux États-Unis sont considérés comme des pionniers des toits verts modernes. La prise en compte des CC au long des années 1997 a suscité l'intérêt à l'égard des toits/murs végétalisés puisqu'ils étaient reconnus comme étant une solution afin de stocker les émissions de GES (Murphy et Martin, 2001). Des villes comme Toronto ont même lancé des programmes incitatifs à l'installation de système du genre de sorte qu'en 2001, l'agglomération comptait 334 millions de m² de surface de toits végétalisés (Bass et Baskaran, 2001).

Plus concrètement, la végétalisation du bâtiment a aussi suscité l'intérêt de grandes organisations en Amérique du Nord. Par exemple, le fabricant automobile *Ford Motor* a installé une toiture végétale de 445,2 ha sur l'une de ces usines à *River Rouge* au Michigan en 2002. La Ville de Toronto a aussi intégré une toiture végétale de 557,4 m² à son hôtel de ville (Cantor, 2008).

1.5.2 Les murs végétalisés

Les murs végétalisés comprennent des systèmes intérieurs et extérieurs. Ceux à l'étude prennent la forme d'une façade végétalisée ou d'un mur vivant.

Pour les façades végétalisées, les plantes qui seront privilégiées seront à grand développement, car elles permettent de recouvrir efficacement une surface déterminée. Des plantes grimpantes supportées par des câbles ou des treillis à même le bâtiment peuvent être utilisées afin de créer un système capable de supporter leur développement. Pour contrôler la croissance des plantes, certaines techniques vont guider la croissance des plantes à l'aide de structures recouvrant une surface murale. Les variétés végétales qui seront généralement utilisées sont les plantes ligneuses, grimpantes, dressées, retombantes, rampantes, volubiles, à crampons et à tiges flexibles. Dans ces conditions, il est préférable que les choix en termes de structure verticale, de système d'ancrage, de réseau de câbles ou de fixation soient adaptés en fonction des plantes cultivées afin de garantir la croissance végétale (Dunnett et Kingsbury, 2008).

Pour ce qui est des murs vivants, ceux-ci sont caractérisés par l'intégration d'un substrat de croissance inerte et non biodégradable afin de limiter les remplacements. Ils doivent aussi comprendre un système d'alimentation en eau et en élément nutritifs sous forme liquide et un système de fixation pour maintenir le substrat et la plantation en place sont les principales composantes des murs vivants. Le fait de cultiver des plantes hors sol et en milieu humide à l'aide de systèmes d'hydroponiques permet de bien distinguer cette forme de végétalisation murale (Dunnett et Kingsbury, 2008).

Parmi les grands pionniers des murs végétalisés figure Patrick Blanc qui a développé des techniques permettant d'assurer la survie des végétaux en climat non tropical. Ses aménagements reposent sur une démarche artistique intégrant l'architecture du bâtiment (Bernier, 2011). Bien que les murs végétalisés extérieurs soient plus rares au Québec, quelques projets ont été réalisés ces dernières années. L'Institut de technologie agroalimentaire (ITA) à Saint-Hyacinthe possède d'ailleurs un mur végétal extérieur de 12 m² (Vallée, 2017). Il existe aussi plusieurs murs vivants intérieurs dans la province. L'un des plus importants au monde est d'ailleurs celui du Mouvement Desjardins à Lévis. D'une superficie totale de 198 m², le mur s'élève sur plus de 15 étages et intègre 42 variétés de plantes (Desjardins, 2015).

2. ÉTAT DES LIEUX DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT AU QUÉBEC

Le but de cette section est de dresser sommairement un état des lieux de la végétalisation du bâtiment au Québec. Les constats effectués reposent d'une part sur les données d'enquêtes les plus récentes divulguées par l'organisme *Green Roofs for Healthy Cities* et d'autre part, sur les données recueillies à la suite d'une recherche non exhaustive sur le Web.

2.1 La croissance de la végétalisation du bâtiment selon *Green Roofs for Healthy Cities*

Les données les plus actuelles et pertinentes afin de connaître spécifiquement la croissance de la végétalisation du bâtiment proviennent de l'organisme *Green Roofs for Healthy Cities* (2017). La construction de toits verts en Amérique du Nord aurait connu une croissance estimée à 10,3 % en 2016, soit une baisse significative de 7,7 % en comparaison au taux de croissance de 18 % obtenu en 2015. C'est exactement 1 219 projets qui auraient été enregistrés lors de cette période ce qui représente plus 7 483 717 pi² de toiture végétalisée. En 2016, c'est plutôt 889 projets qui ont été enregistrés à travers 40 États américains et six provinces canadiennes. En termes de superficie, cela représenterait approximativement 4 061 024 pi². Or, comme le montre la figure 2.1, parmi les dix villes américaines ayant installé le plus de toits verts en 2016 selon la superficie se trouvent trois villes canadiennes incluant deux villes québécoises. (*Green Roofs for Healthy Cities*, 2017)

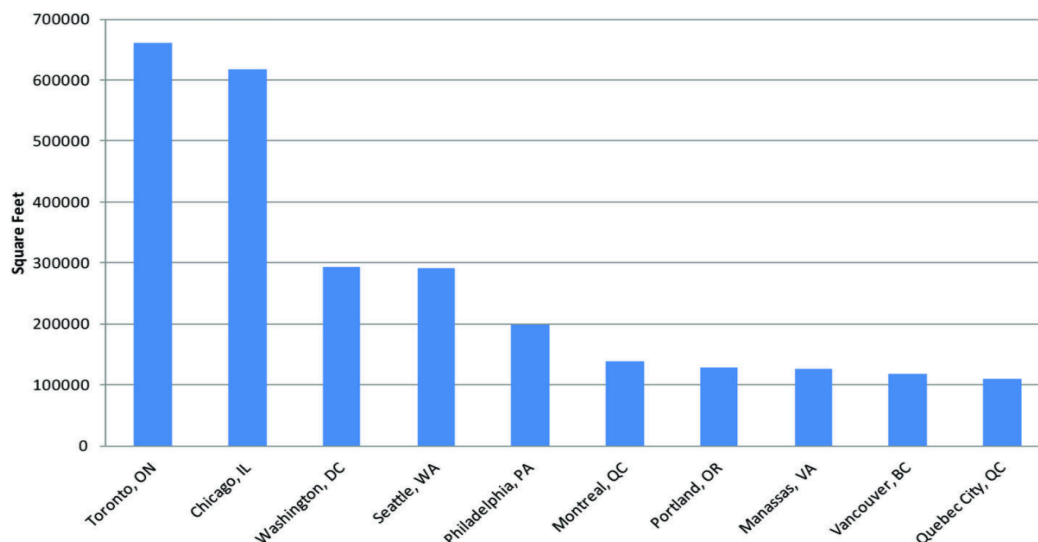


Figure 2.1 Les villes américaines ayant installé le plus de toits verts en 2016 selon la superficie (tiré de : *Green Roofs for Healthy Cities*, 2017)

Il s'agit précisément des villes de Toronto, Montréal et Québec pour l'année 2016 (*Green Roofs for Healthy Cities*, 2017). Dans la figure 2.2, trois villes québécoises se trouvent parmi les dix villes Canadiennes affichant la plus grande superficie de toitures végétalisées installée en 2016. Dans les faits, il s'agit des villes de Montréal, de Québec et de Saint-Augustin (*Green Roofs for Healthy Cities*, 2017).

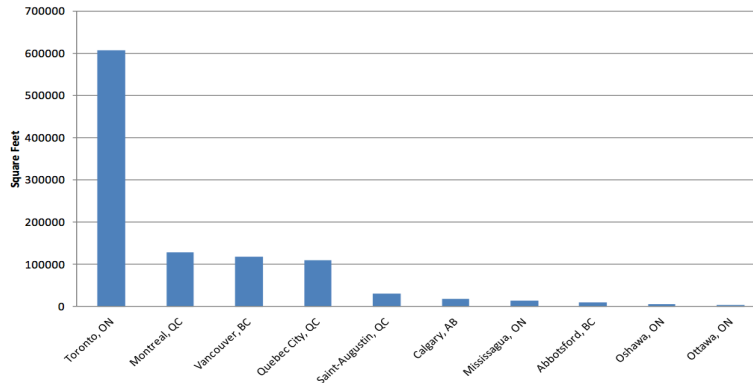


Figure 2.2 Les dix villes canadiennes ayant installé le plus de toits verts en 2016 selon la superficie (tiré de : *Green Roofs for Healthy Cities*, 2017)

Pour les murs végétalisés, les données les plus récentes montrent qu'ils sont plus populaires aux États-Unis qu'au Canada. Comme l'indique la figure 2.3, aucune ville canadienne n'apparaît dans le palmarès des dix villes Nord américaines ayant installé le plus de murs végétalisés en 2015, cela en fonction de leur superficie. Malgré que la superficie totale soit peu significative, la figure 2.4 présente tout de même les proportions de murs végétalisés des provinces canadiennes ayant installé le plus de murs verts en 2015. (*Green Roofs for Healthy Cities*, 2016)

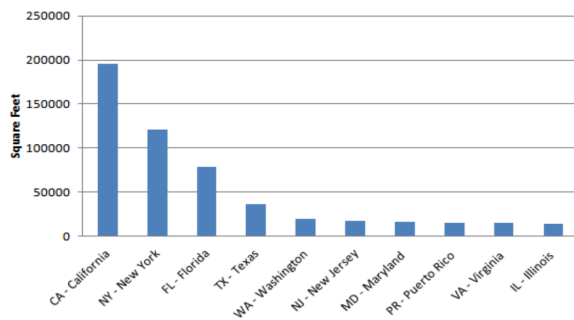


Figure 2.3 Les dix États ayant installé le plus de murs verts en 2015 selon la superficie (tiré de : *Green Roofs for Healthy Cities*, 2016)

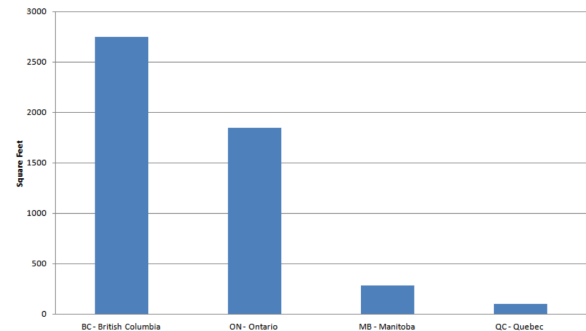


Figure 2.4 Les provinces canadiennes ayant installé le plus de murs verts en 2015 selon la superficie (tiré de : *Green Roofs for Healthy Cities*, 2016)

Moins de 4900 pi² de murs végétalisés auraient été installés au Canada en 2015. Loin derrière les provinces de la Colombie-Britannique et de l'Ontario se trouvent le Manitoba et le Québec (*Green Roofs for Healthy Cities*, 2016). Les données les plus récentes sur la construction de toits et de murs verts montrent que le Québec est loin d'être un leader en matière de végétalisation du bâtiment. Les renseignements partagés par *Green Roofs for Healthy Cities* sont pertinents, mais ne font qu'illustrer sommairement la performance annuelle relative à la superficie en fonction des provinces et des États. Ils ne permettent pas d'effectuer des constats quant au nombre de projets et leurs superficies espacées sur plusieurs années par exemple.

2.2 Méthodologie : Inventaire de la végétalisation du bâtiment au Québec entre 2003 et 2017

De sorte à cerner la place qu'occupe de végétalisation du bâtiment au Québec, une recherche non exhaustive sur le Web a été effectuée pour identifier et quantifier les projets de toitures végétalisées et de murs végétaux réalisés depuis 15 ans au Québec. Cet inventaire permet d'illustrer le degré de disponibilité et de complétude de l'information disponible au grand public.

2.2.1 Technique de recherche

Pour mener à bien cet inventaire, la méthode utilisée fut d'effectuer une recherche sur *Google* en utilisant et en associant les mots-clés « végétalisation », « bâtiment », « toit vert », « toiture végétale », « *green roof* », « mur vert », « mur végétal », « mur vivant », « *green wall* », « *living wall* », « Québec » et « Montréal » par exemple. La dixième page de résultats du moteur de recherche constituait la limite à atteindre. La recherche s'effectuait d'abord en cliquant sur chacun des résultats dans *Google* et ensuite, en naviguant sur les différentes sections des sites Web. Une fois sur le site, la navigation se poursuivait en cherchant les informations qui se trouvaient essentiellement dans les sections portant sur les projets, les réalisations ou bien le portfolio de l'organisation par exemple.

2.2.2 Déroulement

La recherche a été effectuée du 8 au 12 janvier 2018. Les projets de végétalisation du bâtiment correspondant aux critères de recherche ont été répertoriés sous forme d'un tableau Excel. En termes de critères, les projets devaient avoir été construits sur le territoire du Québec entre 2003 et 2017. En premier lieu, les informations relatives au promoteur du projet, soit le nom et la vocation de l'organisation, ont été collectées. En deuxième lieu, les informations spécifiques au projet comme l'année, la localisation et la superficie ont été recueillies lorsqu'elles étaient disponibles. Les projets sans date ont tout de même été répertoriés, car il est pertinent de mentionner leur existence malgré qu'ils ne puissent pas être situés dans le temps. Il est donc plus prudent de ne pas considérer les projets sans date dans l'observation des tendances. Finalement, de manière à régulariser l'information, les données relatives à la superficie ont été converties en mètre carré. Les tableaux des résultats détaillés sont en annexes suivantes :

- Annexe 3 – Inventaire des toitures végétalisées
- Annexe 4 – Inventaire des murs végétalisés
- Annexe 5 – Inventaire des projets de végétalisation sans date

Les projets doivent correspondre à la définition de la végétalisation du bâtiment. Ce qui veut dire qu'en plus d'être part intégrante du bâtiment, les systèmes doivent être conçus de manière à supporter le développement d'espèces végétales. Cela exclut donc les biens meubles et les installations temporaires. Pour le classement des données, les résultats ont été catégorisés par année. La vocation de l'organisation, la localisation et la superficie du projet ont été ajoutées quand l'information était disponible.

2.2.3 Limites

Rappelons que le but est d'effectuer un état des lieux de la végétalisation du bâtiment au Québec selon les renseignements disponibles au grand public. Cette approche comporte donc des limites importantes.

Tout d'abord, le nombre de projets répertoriés découle des résultats de recherche obtenus entre le 8 et 12 janvier 2018. Il est donc possible que de nouveaux projets ou renseignements puissent avoir été divulgués après cette période. De plus, il est possible que les informations figurant sur les pages Web ne soient plus à jour. Autrement dit, puisque l'exercice était simplement d'identifier les projets réalisés depuis 15 ans, aucune validation n'a été effectuée afin de vérifier si le projet est encore actif aujourd'hui. Il est aussi probable que d'autres projets aient été réalisés sans qu'ils n'apparaissent sur le Web, notamment ce qui a trait aux petits projets du secteur résidentiel. Finalement, il se peut que les renseignements obtenus ne soient pas tout à fait exacts. La qualité des données repose donc sur la bonne foi des organisations qui ont divulgué ces renseignements recueillis en ligne.

2.3 Résultats : Inventaire de la végétalisation du bâtiment au Québec entre 2003 et 2017

L'inventaire a permis d'identifier un total de 163 projets de végétalisation du bâtiment au Québec pour la période 2003-2017. De manière plus précise, l'inventaire a permis d'identifier 136 projets de toiture végétalisée et 27 projets de murs végétalisés construits pendant cette période. Tel qu'illustré dans la figure 2.5, le nombre de constructions a légèrement évolué pendant 15 ans.

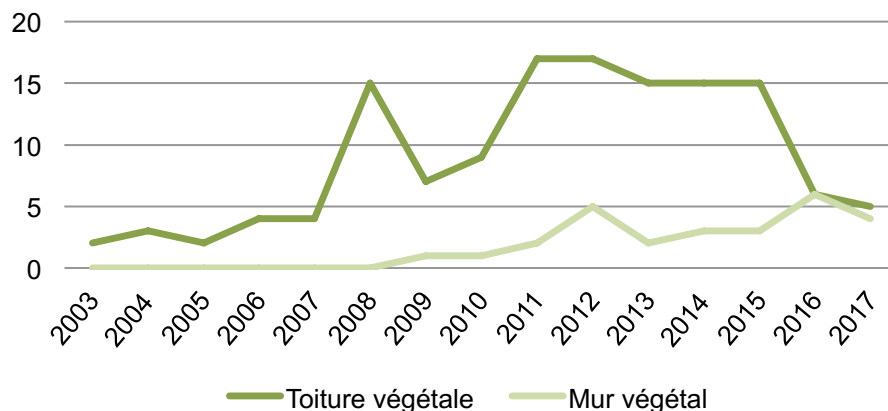


Figure 2.5 Nombre de projets de végétalisation du bâtiment recensé pour la période 2003-2017

L'année 2008 marque la première poussée de croissance relative au nombre de toits verts construits avec 15 projets. Avant 2008, seulement 15 projets ont été recensés sur une période de 5 ans. 14 projets ont été réalisés entre 2009 et 2010 révélant ainsi une perte de croissance pour ensuite augmenter de manière considérable en 2011. La période 2011-2015 est synonyme de stabilité, car 79 projets ont été réalisés en 4 ans. Depuis 2016, le nombre de projets semble avoir diminué. 11 projets ont été recensés

entre 2016 et 2017. Les différences en termes de nombre de projets au fil du temps ne permettent pas d'établir la présence de tendance significative dans la construction de toitures végétalisées au Québec.

Le nombre de murs végétalisés a légèrement évolué, mais seulement à partir de 2009. Aucun projet n'a été recensé entre 2003 et 2008. Les années 2012 (5 projets) et 2016 (6 projets) sont les plus importantes. Malgré une baisse en 2013, la période 2014-2015 est synonyme de stabilité avec 3 projets par année pour ensuite augmenter à 6 projets en 2016. Ce nombre a ensuite baissé en 2017. Le nombre de projets de murs végétalisés identifiés est largement inférieur au nombre de toitures végétalisées. Pendant la recherche, plusieurs résultats s'apparentaient à des biens meubles ou des écrans végétaux. Dans certains cas, il s'agissait de murs antibruits sur le bord des autoroutes. Ces installations n'ont pas été considérées puisqu'elles n'intègrent pas le bâtiment de manière permanente. Le tableau 2.1 montre une certaine proportionnalité à propos de la vocation et de la localisation des clients.

Tableau 2.1 Nombre de projets de végétalisation du bâtiment en fonction de la vocation et de la localisation du client recensé pour la période 2003-2017

Toitures végétalisées			Murs végétalisés		
Vocation	Nb.	%	Vocation	Nb.	%
Institutionnelle	74	54 %	Institutionnelle	7	26 %
Privée	53	39 %	Privée	19	70 %
OBNL	9	7 %	OBNL	1	4 %
Total	136	100 %	Total	27	100 %
Localisation	Nb.	%	Localisation	Nb.	%
Communauté métropolitaine de Montréal	78	57 %	Communauté métropolitaine de Montréal	22	82 %
Communauté métropolitaine de Québec	28	21 %	Communauté métropolitaine de Québec	2	7 %
Autres régions	30	22 %	Autres régions	3	11 %
Total	136	100 %	Total	27	100 %

L'inventaire montre qu'entre 2003 et 2017, 74 projets de toitures végétalisées ont été commandés par le milieu institutionnel (54 %) soit le secteur ayant les plus grands projets en termes de superficie. 53 projets relèvent du privé (39 %) et 9 projets des OBNL (7 %). La majorité des toitures végétalisées se trouvent sur le territoire de la CMM (57 %), soit 78 projets. 28 projets ont été répertoriés dans la CMQ (21 %) et 30 projets dans 12 régions différentes (22 %). Il y a donc une grande diversité régionale pour les toits verts. En comparaison aux proportions des toitures végétalisées (39 %), les murs végétalisés (70 %) semblent susciter davantage l'intérêt du secteur privé avec 19 projets. Pour le reste, 7 projets ont été faits par l'institutionnel (26 %) et 1 projet par un OBNL (4 %). Les projets de murs végétalisés se trouvent surtout dans la CMM (22 projets) alors que les autres sont dans la CMQ (2 projets) et d'autres régions (3 projets).

Pour l'ensemble des renseignements recueillis à propos des toitures végétalisées, seulement 75 des 136 projets incluait la superficie ce qui totalise 50 029,26 m². Du côté des murs végétalisés, totalisant 334,23 m², seulement 7 des 27 projets incluait leur superficie. Des aménagements comme ceux du Mouvement Desjardins (196 m²) à Lévis, de la Maison du Développement durable (38 m²) à Montréal et de l'entreprise *Schlüter System* à Sainte-Anne-de-Bellevue (37,16 m²) sont les plus importants en termes de superficie. Parmi les projets recensés, la plupart des murs végétalisés se trouvent à l'intérieur (24 projets) alors que les autres sont à l'extérieur (2 projets). L'inventaire sur les murs végétalisés a été plus difficile à réaliser, car l'information disponible est moins abondante que ceux des toitures végétalisées. Sur les sites Web des installateurs, la plupart des projets étaient présentés sous forme d'album photo par exemple. Il était donc impossible de connaître l'année, la vocation du client et la localisation du projet. L'accès à ces renseignements aurait certainement doublé le nombre de résultats obtenus.

Rappelons que cet inventaire a été fait à partir des renseignements disponibles sur le Web. Les limites attribuables au manque d'information ainsi qu'à la qualité contestable des données font en sorte qu'il peut y avoir un manque d'exactitude dans les résultats présentés. En dépit du fait que cet exercice soit non exhaustif, les résultats sont pertinents, car ils permettent de quantifier de manière concrète le nombre de projets réalisés au Québec depuis 15 ans. La majorité des projets de végétalisation du bâtiment se trouvent à Montréal. Les toitures végétales se trouvent partout à travers la province contrairement aux murs végétalisés qui sont principalement localisés dans la CMM. À propos des instigateurs des projets, c'est principalement le milieu institutionnel qui possède la majorité des toitures alors que c'est le secteur privé qui se démarque du côté des murs végétalisés. Seulement une dizaine de projets de végétalisation sont d'OBNL. Bien qu'il soit difficile d'établir les tendances, l'année 2008 ainsi que la période 2011-2015 sont les plus importantes illustrant l'émergence des toitures végétalisées. Le premier mur végétalisé a été recensé en 2009 alors que le nombre de projets a augmenté significativement à partir de 2012. Dans l'ensemble, le nombre de projets de végétalisation a baissé depuis 2017.

3. REVUE DE LITTÉRATURE

Le but de cette revue de littérature est de dresser les bases théoriques du sujet afin de cerner les principaux impacts de la végétalisation du bâtiment en contexte québécois.

3.1 Méthodologie : Revue de littérature

Cette section aborde la méthode de recherche utilisée afin d'expliquer comment la végétalisation du bâtiment peut contribuer à résoudre des problématiques sociales, environnementales et économiques.

3.1.1 Technique de recherche

Une recherche documentaire a été effectuée entre le 15 janvier et le 19 mars 2018. La qualité des renseignements apparaissant dans cette revue de littérature repose sur le choix des sources et ouvrages de référence qui ont été consultés pendant la recherche. Les critères spécifiques permettant d'évaluer la pertinence d'une source sont inspirés de ceux proposés par le professeur Maurice Angers (2009). Il s'agit de l'authenticité et de la crédibilité du document :

- L'état du document : Le document est original et le contenu n'a pas subi de modifications;
- L'auteur : De par son expertise et ses compétences, l'auteur est suffisamment crédible;
- Lieu et année de publication : Le document se veut pertinent par rapport au périmètre établi;
- Le sujet traité : Le document présente une information suffisamment structurée et de qualité.

3.1.2 Déroulement

De manière générale, des mémoires, des thèses, des publications professionnelles, gouvernementales et scientifiques ont été consultées. En plus des répertoires universitaires et gouvernementaux, des outils de recherche documentaire comme *Érudit*, *Repère*, *Légis Québec*, *Ouranos*, *Google Scholar*, *The National Academy of Sciences* et *US National Library of Medicine* ont aussi été utilisés. Or, les mots-clés « végétalisation », « verdissement », « bâtiment », « toit vert », « toiture végétale », « *green roof* », « mur vert », « mur végétal », « mur vivant », « *green wall* », « *living wall* » ont été utilisés. Certains mots-clés spécifiques à une problématique ont aussi été utilisés pour filtrer les résultats. Par exemple, les mots « îlot de chaleur » et « heat island » ont été employés. Étant le fil conducteur de cette recherche documentaire, les ouvrages sélectionnés sont ceux pour lesquels l'auteur démontrait que la phytotechnologie contribuait à résoudre une problématique en développement durable.

Au départ, une dizaine d'enjeux avait été identifiée en fonction de ces motifs. Les références consultées au fil de la recherche ont permis d'identifier d'autres ouvrages et d'aborder de nouveaux enjeux. Or, les ouvrages jugés pertinents ont été sélectionnés et traités lorsqu'ils contribuaient à l'atteinte de l'objectif.

3.1.3 Limites

En termes de limites, les documents sélectionnés sont ceux comportant des renseignements significatifs. Par moments, il s'est avéré difficile de retracer l'origine de certains documents en raison d'un manque d'accessibilité de l'information. La plupart des enjeux ont été traités en profondeur ce qui accroît grandement le degré de détails. Bien que la recherche soit exhaustive, il est possible que certains enjeux n'aient pas été traités ou suffisamment abordés dans la revue de littérature.

3.2 Enjeux en développement durable

Les enjeux en matière de développement durable sont nombreux. Ceux-ci peuvent influencer la qualité de l'environnement, la qualité de vie des gens et la vitalité économique de la société. Cette section traite de plusieurs grands problèmes pouvant être résolus ou atténués en misant sur la végétalisation du bâtiment.

3.2.1 La pollution sonore

Les milieux urbains comprennent plusieurs sources anthropiques pouvant générer massivement de la pollution sonore. Dans un avis scientifique divulgué par l'INSPQ, il a été soulevé que les fondements de ce phénomène grandissant résulteraient du bruit environnemental. Excluant celles en milieu de travail, il s'agit des sources rependues dans l'environnement et constituant un risque pour la santé et la qualité de vie de la population (Martin, Deshaies et Poulin, 2015).

Dans l'évaluation d'une source sonore, le « dBA » est l'unité de mesure du bruit reflétant la sensation perçue au niveau auditif ainsi que le niveau de pression sonore. Plus le dBA sera élevé, plus l'impression subjective d'un individu par rapport au bruit sera considérable. Ceci étant dit, le niveau de bruit en dBA variera en fonction de l'évènement acoustique. De manière générale, le début de la douleur correspond à 120 dBA alors que la sensation de bruit apparaît à partir de 70 dBA. Le décollage d'un avion à 50 m (140 dBA), l'utilisation d'un marteau piqueur (130 dBA) ou bien encore, la sirène d'un véhicule d'urgence (120 dBA) peuvent générer de la douleur. À l'inverse, une bibliothèque (40 dBA), une conversation à voix basse (30 dBA) ou bien encore, un vent léger dans les arbres (20 dBA) correspond à un niveau de bruit allant de paisible à très calme. L'absence de son perceptible (0 dBA) correspond au seuil d'audition. (Martin et al., 2015) L'échelle des niveaux sonores et des réactions humaines figure en annexe 6.

Encore selon le rapport de l'INSPQ, il a été estimé qu'en 2014, près de 640 000 Québécois de 15 ans et plus auraient été exposés à des niveaux de bruit environnemental qualifié de « nuisible ». Au Québec, il est estimé que 25 % de la population serait sensible au bruit et 10 % seraient fortement sensibles au bruit. L'exposition à une forte intensité de ces niveaux de bruit causerait d'ailleurs de forts dérangements pour ces personnes à tel point qu'au Québec, les coûts sociaux des effets du bruit atteindraient plus de 680 milliards\$ par année. En milieu urbain, les principales sources de bruit environnemental découlent de la circulation routière, ferroviaire et aérienne, des industries, du voisinage, des chantiers de construction,

des activités culturelles et des activités institutionnelles (Martin et al., 2015). À titre indicatif, 460 000 Québécois auraient été exposés au bruit environnemental causé par la circulation routière en 2006 (Michaud, Keith et McMurchy, 2008). Or, l'intensité du bruit pourrait s'élever, car le volume du trafic au Québec augmente au fil du temps. En l'espace de 37 ans, le nombre de véhicules en circulation au Québec est passé de 2 951 387 véhicules en 1978 à 6 310 810 en 2015 (Société de l'assurance automobile du Québec [SAAQ], 2016). Une étude suggère que de réduire de 75 % le volume du trafic entraînerait une diminution de 6,0 dB (Ellebjer, 2008). En s'appuyant sur la croissance du nombre de véhicules au Québec, il est tout à fait prévisible que l'effet inverse se produise et que le bruit causé par la circulation routière augmente progressivement. En ce qui a trait aux autres sources, entre 5 300 et 93 500 personnes auraient été exposées au bruit causé par le voisinage, 43 500 par des chantiers de construction, 22 300 par la circulation aérienne, 13 000 par la circulation ferroviaire et 14 800 par les activités industrielles seulement en 2001. Sur une population de référence de 6 090 666 individus, près de 560 372 personnes seraient exposées à une source de bruit environnementale provenant de l'extérieur de leur domicile. La proportion des personnes fortement ou extrêmement dérangée par le bruit est de 9,2 % (Michaud, Keith et McMurchy, 2005). Un rapport d'enquête de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) a révélé que le bruit en milieu de travail toucherait près de 359 000 personnes en 2006 (Vézina et al., 2011). Une synthèse des résultats ainsi que les principaux effets avérés sur la santé physique et/ou psychosociologique figurent en annexe 7.

Ce portrait de la situation montre que des milliers de personnes sont exposées au bruit environnemental. Lorsqu'il dépasse le seuil de la tolérance, cela peut donner lieu à des plaintes ou des poursuites auxquelles le nombre ne cesse d'augmenter (Martin et al., 2015). Révélant un problème d'acceptabilité sociale, ces recours peuvent mener à des indemnisations volontaires, des changements de pratiques ou d'équipement ainsi que des pénalités financières. Par exemple, plus de 25 534 billets d'infraction de bruit ont été émis par la Sureté du Québec entre 2005 et 2010. Pour illustrer cette évolution, ce nombre était de 2 029 billets en 2005 contre 5 556 billets en 2010 (Martin, Deshaies et Poulin, 2014). D'un point de vue économique, les problèmes d'exposition au bruit peuvent occasionner des pertes de valeur et de revenus fonciers pour les propriétaires tout comme pour les municipalités. Dans un rapport d'enquête sur les coûts du bruit au Canada, il a été estimé qu'à l'intérieur d'une zone de prévisions d'ambiance sonore à proximité des aéroports par exemple, la dépréciation moyenne par résidence pouvait atteindre jusqu'à 19 950\$ (Gillen, 2007). Considérées dans l'évaluation foncière d'une propriété, les sources de bruit, comme le bruit aérien, peuvent mener à une dépréciation de 9 à 12 % (Nelson, 2004). Dans l'estimation des effets du bruit, les agents économiques vont souvent sous-estimer leurs coûts puisqu'ils ne considèrent pas nécessairement l'ensemble des effets sur la santé et la qualité de vie. Dans une perspective de santé publique, la nuisance causée par le bruit environnemental peut s'accompagner d'effets sur la santé physique et mentale ainsi que d'effets psychosociaux. Il peut aussi mener à des perturbations du sommeil, des difficultés d'apprentissage, des maladies cardiovasculaires et de l'inconfort (Martin et al., 2015). Pour ce

qui est du bruit en milieu de travail, les effets peuvent mener à des pertes auditives et des acouphènes, des maladies cardiovasculaires ainsi que des accidents du travail (Vézina et al., 2011).

De manière plus précise, les effets du bruit menant à des troubles du sommeil peuvent être immédiats ou apparaître le lendemain. Dans le cas du bruit dégagé par le transport par exemple, les résultats de plusieurs études ont montré que le bruit peut avoir des effets sur la durée et la qualité du sommeil. En plus de perturber la structure du sommeil, un individu exposé au bruit prendrait plus de temps à s'endormir, bougerait plus, se réveillerait plus fréquemment et plus tôt. Le lendemain, ces facteurs peuvent avoir pour conséquence de susciter une mauvaise perception de la qualité du sommeil, une augmentation de la fatigue et des besoins de repos compensatoire, une diminution de la motivation et de la concentration, une humeur dépressive et finalement, une diminution de la distractivité et de la performance. Lorsqu'une personne développe des atteintes auditives incapacitantes, plusieurs études ont démontré qu'elles peuvent avoir de la difficulté à interagir socialement. Le fait que la personne éprouve de la difficulté à bien entendre son interlocuteur peut limiter sa motivation à bien communiquer ce qui par conséquent, peut entraîner des répercussions sur la qualité de vie personnelle et professionnelle. Considéré comme une source de stress importante, le bruit peut même déclencher des réactions physiologiques comme la sécrétion d'adrénaline, de noradrénaline et de cortisol. L'exposition au bruit augmenterait aussi la fréquence cardiaque et perturberait certains paramètres physiologiques. Les résultats d'une vingtaine d'études illustrent qu'il y a des preuves suffisantes pour établir l'existence d'un lien entre l'exposition chronique aux bruits aériens/routiers et le risque d'hypertension artérielle autant chez les adultes que chez les enfants (Martin et al., 2015). À titre d'exemple, une méta-analyse a d'ailleurs démontré qu'une exposition à 55 dBA entraînerait une augmentation du risque de maladie ischémique cardiaque (Babisch, 2014). En milieu scolaire, l'insonorisation des classes contribuerait à améliorer la réussite des élèves. Lors des tests effectués auprès des élèves de 119 écoles primaires américaines exposées à un bruit extérieur de ≥ 55 dB, les enfants des écoles mieux insonorisées ont eu de meilleurs résultats que des écoles moins bien insonorisées (Sharp et al., 2015). Les conditions acoustiques d'une salle de classe doivent donc être considérées. Selon un rapport du *National Research Council*, le niveau de bruit ambiant recommandé est établi à 35 dBA. Étant donné que les enfants développent leur capacité à concentrer leur attention sur les sons jusqu'à l'âge de 13 à 15 ans, ces experts accordent que les bruits excessifs doivent être réduits et les conditions environnementales plus calmes doivent être privilégiées dans les milieux scolaires (*National Research Council*, 2007).

Plusieurs études ont mis de l'avant que la végétation réduirait la perception négative associée au bruit. En plus de modifier la sensibilité des individus au bruit et d'en réduire les effets sur la santé, ils réduisent le niveau de stress ressenti. Autrement dit, la végétation est qualifiée de zone tampon permettant d'atténuer le bruit et de rendre les nuisances plus tolérables (Dzhambov et Dimitrova, 2014). Les écrans antibruits réduiraient la transmission du bruit vers les lieux d'habitation et d'occupation. Certains rapports comme celui de l'*International Institute of Noise Contrôle Engineering* révèlent que l'installation d'écrans bien

conçus est une méthode efficace afin de réduire localement le bruit de 5 à 12 dBA (Daigle et al., 1999). Pour les écrans antibruits végétaux, une bande végétale caractérisée comme étant dense et d'une profondeur de 15 m atteindrait une efficacité de 5 à 6 dBA (Zetterquist, 2013). L'insonorisation des façades diminuerait le niveau sonore de 7 dB (Amundsen, Klæboe et Aasvang, 2011).

Tout compte fait, l'ensemble de ces éléments montre que la végétalisation ne résoudrait pas entièrement les problèmes de bruit, mais que son application contribuerait de manière significative à influencer les perceptions des individus à l'égard du bruit environnemental.

3.2.2 La pollution de l'air

Il a été observé que les activités humaines émettent des polluants dans l'environnement. Relativement au milieu atmosphérique, dans un rapport de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), il est démontré que les effets des contaminants dans l'air peuvent même affecter le confort des individus et avoir une incidence sur la santé humaine (Lebel et al., 2012). La pollution de l'air devient donc un problème important à soulever, cela plus particulièrement en milieu urbain, puisqu'une proportion élevée de la population y serait exposée au quotidien. Depuis les années 2000, près de 80 % de la population québécoise vivrait en milieu urbain versus 20 % en milieu rural (Statistique Canada, 2013).

En milieu urbain, la pollution de l'air est un mélange de centaines de substances différentes. Il s'agit principalement de particules solides, de particules solubles et de gaz qui interagissent entre elles dans l'atmosphère selon les conditions météorologiques. Pour l'ensemble des contaminants, les principales sources découlent de la combustion, du transport et des activités industrielles. Dans la plupart des cas, les mesures de réduction à la source sont à l'origine des diminutions des concentrations émises dans l'atmosphère. Les cas de pollution de l'air semblent donc moins fréquents depuis les années 1990. Les concentrations moyennes annuelles à l'échelle du Québec ont diminué pour tous les contaminants sauf pour l'ozone O₃ où les quantités ont augmenté de manière constante. (Lebel et al., 2012)

Tel qu'illustré au tableau 3.1, les principaux contaminants atmosphériques préoccupants en matière de santé publique au Québec sont les particules fines PM_{2,5}, les oxydes d'azote NO et NO₂, l'ozone O₃, le dioxyde de soufre SO₂ et le monoxyde de carbone CO (Lebel et al., 2012). Le symbole ↑ indique l'apparition, ↗ l'augmentation, ↘ la diminution.

Tableau 3.1 Contaminants atmosphériques préoccupants en matière de santé publique au Québec (inspiré de : Lebel et al., 2012)

Contaminant (sources d'émissions)	Effets potentiels sur la santé humaine	Évolution des concentrations
Particules fines (PM _{2,5}) - Chauffage au bois (42,7 %) - Industries (41,0 %) - Transport (15,6 %)	↑ Problèmes respiratoire au niveau des bronches ↑ Problèmes cardiovasculaires ↑ Cancers pulmonaires ↗ Mortalité de l'individu	↘ moyenne de 30 % des PM _{2,5} entre 1999 et 2007 ↘ de 10 kt entre 2002 et 2008
Oxydes d'azote (NO et NO ₂) - Transport (79,4 %) - Industries (14,2 %) - Combustion non industrielle (6,1 %)	↑ Inflammation des voies respiratoires ↑ Hyperréactivité bronchite ↗ Symptômes respiratoires auprès des enfants et des asthmatiques ↘ Capacité pulmonaire ↑ Ralentissement du développement de la fonction pulmonaire chez les enfants	↘ moyenne de 60 % du NO entre 1975 (47,4 ppb) et 2009 (6,6 ppb) ↘ moyenne annuelle de NO ₂ entre 1970 (30 ppb) et 2009 (10 ppb) - Un seul dépassement de 220 ppb entre 1995 et 2009
Ozone (O ₃) - Voies de circulation importantes - Transport atmosphérique	↑ Irritation des yeux, du nez et de la gorge, ↑ Toux et difficulté à respirer ↘ Fonctions pulmonaires chez les enfants et les personnes ayant problèmes respiratoires ↗ Sévérité et fréquence des crises d'asthme ↗ Risques de développer de l'asthme ↗ Mortalité prématurée liée à des troubles respiratoires	↗ constante des concentrations en milieu urbain entre 1988 et 2009 ↗ de 30 % des concentrations entre 1990 (15 ppb) et 2009 (20 ppb)
Dioxyde de soufre (SO ₂) - Industries (84,7 %) - Transport (9,7 %) - Combustion non industrielle (5,4 %)	↑ Inflammation de l'appareil respiratoire ↑ Exacerbation de l'asthme et des bronchites ↑ Sensibilisation aux infections respiratoires ↑ Symptômes respiratoires chez les enfants, les personnes âgées et les asthmatiques ↗ Mortalité prématurée liée à des troubles respiratoires	↘ de 58 % entre 1990 et 2008 - Aucun dépassement de 110 ppb en milieu urbain entre 1995 et 2009
Monoxyde de carbone (CO) - Transport (75,2 %) - Industries (15,9 %) - Combustion non industrielle (8,8 %)	↑ Troubles cardiaques et respiratoires ↑ Maux de tête, nausées et étourdissements ↑ Aggravation des symptômes cardiaques ↘ Baisse de la performance physique ↗ Morbidité/mortalité cardiovasculaire et respiratoire	↘ de 93 % entre 1975 et 2009 - Aucun dépassement de 30 ppm entre 1995 et 2009

Les CC influenceront peu les concentrations de contaminants dans l'atmosphère, sauf pour l'ozone. Il a été soulevé que les concentrations d'ozone troposphérique en milieu urbain au Québec ont augmentés entre 1988 et 2009. Des projections montrent qu'entre 2041 et 2050, les régions de Montréal et du Sud du Québec verraient une augmentation des valeurs maximales d'O₃ de 2 ppb et des moyennes journalières estivales de PM_{2,5} de 0,5 µg/m³ (Ouranos, 2015).

Des études épidémiologiques montrent que les effets des contaminants sur la santé humaine sont de types aigus et/ou chroniques. Or, la sensibilité aux effets de la pollution variera d'un individu à l'autre ainsi que selon les concentrations et le temps d'exposition. Les effets aigus sont visibles dans les heures ou les jours suivants l'exposition. Il s'agit surtout de problèmes de santé nécessitant la consultation d'un médecin, soit l'arythmie, les infarctus du myocarde, les accidents vasculaires cérébraux et les troubles respiratoires. L'exposition à long terme peut mener à des pathologies chroniques comme la calcification

des artères, l'altération de la fonction respiratoire et les maladies pulmonaires obstructives. Dans tous les cas, lorsqu'un problème de santé devient trop sévère en raison d'une exposition excessive ou soutenue, cela peut nécessiter une hospitalisation ou causer le décès. Les populations les plus touchées sont les enfants, les personnes âgées et celles ayant des problèmes respiratoires ou cardiovasculaires (Lebel et al., 2012). Dans une publication portant sur les décès liés à la pollution atmosphérique de sources humaines, Santé Canada estime qu'il y aurait 14 400 décès prématurés au pays par année (Jessiman et al., 2018). Selon des estimations effectuées en 2002 par l'INSPQ à l'aide de l'*Air Quality Benefits Assessment Tool* (AQBAT), les externalités négatives en termes d'impacts sanitaires liés à la pollution de l'air ($PM_{2.5}$, O_3 , NO_2) sont estimées à plus de 9 486 049 490\$ / an. (Bouchard et Smargiassi, 2007)

À propos des impacts environnementaux, ce sont essentiellement des problèmes atmosphériques comme la déplétion de la couche d'ozone stratosphérique, le smog photochimique, les précipitations acides et l'amplification de l'effet de serre. Ces polluants auront aussi une incidence sur la lithosphère et l'hydrosphère. Dans le cas des précipitations acides par exemple, les gaz, les aérosols liquides et les particules solides transformées à l'intérieur des gouttes pendant leur transport peuvent affecter les lacs, la faune et la flore. Les pluies acides peuvent entraîner l'épuisement de l'effet tampon dans le contrôle du pH des lacs. Dans les faits, ce phénomène peut entraîner l'acidification des lacs qui seront incapables de rétablir la stabilité du pH. En termes de conséquence, plusieurs espèces de poissons et de plantes éprouveront des difficultés ou seront incapables de se reproduire en pH de 5. (Olivier, 2015)

En plus d'avoir des concentrations qui augmentent au fil du temps, l'ozone va générer d'autres problèmes atmosphériques importants. Se formant à la suite de réactions photochimiques entre différents contaminants précurseurs en période caractérisée par une absence de vents, un fort ensoleillement et une chaleur intense, l'ozone va contribuer à la formation de smog photochimique en milieu urbain. Ce phénomène survient lorsqu'une masse stationnaire d'air chaud peu humide exposé à des radiations solaires intenses devient à la fois chargée d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures oxydables. L'inversion thermique occasionnée par les réactions photochimiques va bloquer la diffusion des autres polluants. Or, les principales sources des smogs photochimiques proviennent de la photodécomposition et de la circulation automobiles. En ces conditions favorables, les voies de circulation importantes deviendront d'ailleurs des milieux saturés en oxyde d'azote (NO_x). L'oxyde d'azote émis par les véhicules et les hydrocarbures imbrulés pendant la combustion vont s'oxyder en dioxyde d'azote dans l'atmosphère. Sous l'effet des radiations solaires, les molécules de gaz de dioxyde d'azote et d'oxygène moléculaire seront entraînées vers le haut et amorceront un processus de décomposition formant ainsi l'ozone troposphérique. Les composés organiques volatils (COV), soit les composés aliphatiques, les alcènes, les aromatiques et les alcynes vont aussi interagir avec l'ozone. (Olivier, 2015)

Les végétaux vont contribuer à l'amélioration de la qualité de l'air. En effet, les plantes contribueraient à réduire les concentrations de plusieurs polluants. En plus d'atténuer leurs réactions de synthèse ainsi que

leurs réactions de synthèse, plusieurs espèces végétales présentent aussi une capacité d'absorption de certains polluants comme les particules fines, l'ozone, le dioxyde d'azote et le monoxyde de carbone. Un rapport de l'*US Forest Service* a révélée que les feuilles des arbres de la Ville de New York présentaient une capacité d'assainissement des polluants pouvant atteindre en moyenne jusqu'à 0,47 % pour les particules fines, 0,45 % pour l'ozone, 0,43 % pour le dioxyde de soufre, 0,30 % pour le dioxyde d'azote et 0,002 % pour le monoxyde de carbone. De plus, il est estimé qu'un couvert forestier urbain de 100 % hausserait de manière approximative ces moyennes jusqu'à 13 % pour les particules fines, 15 % pour l'ozone, 14 % pour le dioxyde de soufre, 8 % pour le dioxyde d'azote et 0,06 % pour le monoxyde de carbone (Nowak, 2014). Dans le cas du dioxyde de carbone, la réduction des concentrations dans l'atmosphère s'explique par le fait que les micro-organismes végétaux se trouvant dans le sol seront actifs dans la conversion du monoxyde de carbone en dioxyde de carbone. Pour des végétaux en bordure des routes, ceux-ci vont dégager de l'oxygène qui une fois combinée avec l'oxyde de soufre, va générer du dioxyde de soufre pouvant être réabsorbé par ces mêmes plantes (Bouyer, 2009).

Les végétaux vont assainir l'atmosphère en prélevant les molécules de dioxyde de carbone (CO_2) et en formant des molécules d'oxygène (O_2). Étant le fruit de la photosynthèse, la capacité des organismes à convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique explique cette réaction photochimique (Reece et al., 2012). En règle général, il est estimé qu'annuellement, une surface foliaire de 150 m^2 répondrait aux besoins essentiels en oxygène pour un individu. Pour 1 m^2 d'herbe d'une hauteur d'environ 40 cm, l'incidence foliaire atteindrait 100 m^2 (Peck, Collaghan, Kuhn et Bass, 1999). De plus, certaines espèces végétales ont la capacité de purifier l'air. C'est d'ailleurs ce qu'a mesuré le chercheur en phytoremédiation Bill Wolverton (1989) de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Dans une étude sur l'apport des plantes dans la réduction de pollution de l'air intérieur, plusieurs plantes ont été identifiées comme étant particulièrement efficaces pour effectuer de la phytoremédiation, c'est-à-dire purifier l'air d'une substance nocive. En fait, la capacité d'une douzaine de plantes dans la réduction du pourcentage des substances comme le benzène, le trichloréthylène et le formaldéhyde a été mesurée en p/m sur une période de 24h. De manière générale, les plantes affichant les résultats les plus significatifs en termes de pourcentage retiré sont l'*English ivy* (Lierre anglais), le *Janet Craig*, le *Peace Lily* (Fleur de lune), le *Marginata*, le *Golden photos* (*Epipremnum pinnatum*), le *Gerbera daisy* et le *Warnecke*. (Wolverton, 1989) Des extraits des résultats de cette étude par polluant figurent dans les annexes 8 à 10. Dans d'autres cas, certaines plantes vont substituer les mauvaises odeurs par d'autres odeurs plus agréables pour l'odorat (Vergriete et Labrecque, 2006)

Tout compte fait, la végétalisation contribuerait à atténuer l'incidence de la pollution atmosphérique. En prélevant certains contaminants, en oxygénant les milieux et en substituant les mauvaises odeurs, cette phytotechnologie contribuerait à améliorer la qualité de l'environnement et la qualité de vie des gens. Il est concevable qu'elle puisse contribuer à améliorer le bilan économicosanitaire résultant de la pollution.

3.2.3 Les émissions de gaz à effet de serre (GES)

Découlant de sources anthropiques directes ou indirectes, les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont parmi les causes à l'origine de l'augmentation de l'effet de serre, c'est-à-dire de la perturbation de l'effet radiatif de tous les constituants de l'atmosphère absorbant le rayonnement infrarouge. Le phénomène d'effet de serre perturbe le système climatique ce qui entraîne des variations météorologiques anormales, voire même irréversibles. Contribuant aux phénomènes entourant les CC, les principaux GES en termes d'importance en raison de leur temps de résidence sont le dioxyde de carbone (CO_2), l'oxyde nitreux (N_2O), le méthane (CH_4) et l'ozone (O_3). (GIEC, 2013)

En regardant l'inventaire québécois des émissions de GES en 2013 et leur évolution depuis 1990, les résultats montrent que les émissions de GES sont encore significatives, mais qu'elles auraient diminué pendant cette période. En s'appuyant sur l'inventaire le plus récent, il est possible d'établir que le total des émissions de GES pour 2013 s'élève à 81,2 Mt éq. CO_2 à l'échelle de la province (MDDELCC, 2016). Sur un total de 13 provinces et territoires, le Québec figure donc au 3^e rang des grands émetteurs au pays, cela malgré la production hydroélectrique (Environnement et ressources naturelles Canada, 2017).

La végétalisation du bâtiment contribuerait à compenser les émissions de GES, car les végétaux deviennent des puits de GES. À cet effet, des experts ont évalué que les toitures végétalisées extensives auraient approximativement un taux de séquestration du carbone d'environ $0,375 \text{ kg/m}^2/\text{an}$ (Getter, Rowe, Robertson, Cregg et Andresen, 2009) comparativement aux toitures végétalisées intensives affichant un taux d'environ $0,85 \text{ kg} / \text{m}^2 / \text{an}$ (Luo et al., 2015). Les systèmes de culture intensive semblent donc plus performants que ceux extensifs à cet égard. Dans une étude sur le potentiel de séquestration du carbone en milieu urbain au Québec, il a été démontré que l'installation de toits et de murs végétalisés compenserait de manière significative les émissions totales de dioxyde de carbone du Québec. Dans l'éventualité où l'entièreté des toitures résidentielles de la province (130 km^2) était végétalisée, le potentiel maximal de séquestration de carbone atteindrait près de 235 000 tonnes de CO_2 / an . Cet apport compenserait près de 0,4 % des émissions totales de dioxyde de carbone (63 Mt de CO_2) quantifié dans l'inventaire québécois de GES 1990-2013. Totalisant une superficie totale d'environ 63 km^2 , l'ajout des toits commerciaux (38 km^2), institutionnels (17 km^2) et industriels (8 km^2) augmenterait ce potentiel de 0,2 %. L'installation de toitures végétalisées pourrait donc compenser 0,6 % des émissions totales de dioxyde de carbone du Québec. Pour une superficie totale d'environ 767 km^2 , la conversion des façades des secteurs résidentiels (517 km^2), commerciaux (150 km^2), institutionnels (67 km^2) et industriels (33 km^2) en murs végétalisés contribuerait de manière plus importante à la séquestration du carbone. Pour un taux de séquestration approximatif de $0,47 \text{ kg C} / \text{m}^2 / \text{an}$, il a été estimé que le potentiel de séquestration atteindrait près de 1 322 000 t CO_2 / an . Par conséquent, cet apport compenserait environ 2 % des émissions annuelles totales de dioxyde de carbone du Québec. Cette évaluation montre que la végétalisation du bâtiment offre un potentiel de séquestration du carbone pouvant atteindre près de 1 557

000 t CO₂ / an. Cet apport compenserait approximativement 2,6 % des émissions annuelles totales de dioxyde de carbone à l'échelle du Québec (Vararoath Meas, 2016). Cependant, ce potentiel repose essentiellement sur l'hypothèse que les espèces végétales utilisées soient adaptées à la région. Le climat, le type de substrat et l'emplacement sont des contraintes qui seront abordées ultérieurement.

Tout bien considéré, il a été observé que la végétalisation du bâtiment pourrait contribuer dans une faible mesure à compenser les émissions de GES puisqu'elle peut devenir un puits de carbone.

3.2.4 Les îlots de chaleur urbain (ICU)

Les milieux urbanisés présentent des caractéristiques structurelles et morphologiques particulières. La minéralisation et la densification urbaine vont ainsi contribuer à créer le phénomène d'îlots de chaleur urbain (ICU). D'ailleurs, le DGT définit les ICU comme étant une :

« Zone urbaine caractérisée par des températures ambiantes supérieures à celles des zones non urbaines environnantes en raison de l'absorption de l'énergie solaire par des matériaux tels que l'asphalte » (GDT, 2011b)

Il est estimé que les villes absorberaient pendant la journée 15 à 30 % plus d'énergie que les espaces non urbanisés, notamment en raison des infrastructures. Les températures seront donc plus élevées en milieu fortement urbanisé versus en milieu rural. Cette différence de température peut même atteindre jusqu'à 12⁰ C de plus, notamment en raison du cadre bâti (Oke, 1987; Voogt, 2002). Tel qu'illustré à la figure 3.1, les variations de température entre les différents milieux sont significatives.

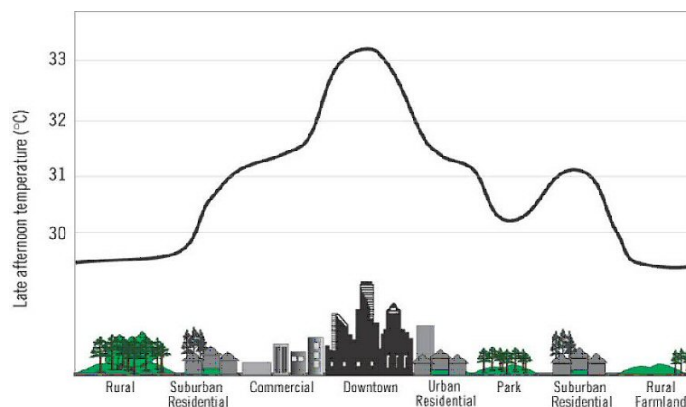


Figure 3.1 Profil d'un îlot de chaleur urbain (tiré de : Anquez et Harlem, 2011)

Dans le cas Montréal en période estivale par exemple, les variations de température entre les milieux minéralisés et ceux végétalisés peuvent atteindre jusqu'à 12⁰ C d'écart à l'intérieur d'un périmètre de moins de 1,5 km. Selon des mesures prises le 25 juin 2005, la température du parc du Mont-Royal s'élevait à 21,8⁰ C comparativement à 33,5⁰ C à l'angle du boulevard Saint-Laurent et de l'avenue du

Mont-Royal (Corriveau, 2008). Les principaux impacts des ICU sont la détérioration de la qualité de l'air, la hausse de consommation d'énergie, la hausse de la consommation d'eau potable, l'inconfort thermique et l'aggravation de certains problèmes de santé. En plus de contribuer à la diffusion de polluants et à la formation de smog, les hausses de températures peuvent favoriser le développement d'acariens, de moisissures et de bactéries. L'utilisation de jeux d'eau et de piscines ainsi que l'arrosage des zones végétalisées pour contrer les effets d'une hausse de température expliqueraient que la consommation d'eau potable augmente lors de vague de chaleur. L'atteinte de confort thermique idéal pour l'individu entraîne également une hausse de la demande énergétique pour alimenter les systèmes de climatisation. Par exemple, sous l'effet de la densification urbaine et de l'accroissement de la demande énergétique, une simple élévation de température de 2⁰ C à l'intérieur d'un ICU augmenterait de 5 % la consommation d'énergie liée à la climatisation. (Anquez et Herlem, 2011) Or, en plus d'être une source importante de chaleur, le bruit résultant du fonctionnement de ces systèmes entraîne une augmentation de la pollution sonore (Salomon et Aubert, 2004). Étant des GES, le taux annuel des fuites de fluides frigorigènes serait de l'ordre de 10 % à 15 % (Déoux, 2004). Finalement, les ICU touchent la santé publique, car ils créent des conditions de stress thermique pouvant affecter la population. Les populations les plus vulnérables seraient les très jeunes enfants, les personnes socialement isolées, âgées, actives à l'extérieur, à faible niveau de vie socioéconomique ainsi que celles souffrant de troubles mentaux ou de maladies chroniques comme l'insuffisance respiratoire et le diabète puis finalement, celles atteintes de maladies cardiovasculaires, cérébrovasculaires, neurologiques et rénales. L'ICU est complexe à analyser, car en plus d'être multifactorielles, les causes sont autant globales que sectorielles. Elles se rapportent au climat, à la morphologie urbaine, à la dévégétalisation des milieux, aux émissions anthropiques ainsi qu'aux propriétés thermiques et radiatives des matériaux du milieu bâti (Giguère, 2009).

Le phénomène d'ICU pourrait s'amplifier au fil du temps en raison des CC. Selon un rapport d'Ouranos (2015), les CC amèneront de fortes augmentations dans la durée des épisodes de vagues de chaleur ainsi que dans la fréquence de nuits chaudes. Les observations faites entre 1950 et 2011 montrent une tendance à la hausse d'environ 1 à 3⁰ C des températures moyennes annuelles pour toutes les régions du Québec. Pour la région du golf du Saint-Laurent et du Sud du Québec par exemple, les températures annuelles projetées présentent une hausse d'environ 2 à 4⁰ C entre 2041-2070 et de 4 à 7⁰ C entre 2071-2100. Or, ce changement pourrait accroître la durée des vagues de chaleur et la fréquence des nuits chaudes, c'est-à-dire des nuits affichant une température minimale étant supérieure à 20⁰ C. Cela entraînera aussi une forte réduction du nombre annuel de jours de gel, de nuits froides et de jours froids. Ces changements sont aussi marqués par une augmentation des périodes de sécheresse. De manière générale, les projections effectuées montrent que des conditions plus sèches affecteront le niveau d'humidité du sol allant d'une profondeur de 0 à 10 cm. (Ouranos, 2015) Les ICU et les variations de température dues aux CC peuvent influencer le rendement énergétique et thermique du bâtiment.

La végétalisation du bâtiment permettrait de la lutter contre le phénomène d'ICU. En effet, il a été soulevé que la perte du couvert végétal entraîne une perte de fraîcheur et d'ombrage pour le milieu urbain. Cela s'explique d'abord par le fait que la perte végétale accroît le potentiel d'exposition des surfaces minéralisées à l'ensoleillement. Il a d'ailleurs été prouvé qu'un mur recouvert de plantes grimpantes peut abaisser la température des surfaces jusqu'à concurrence de 11 à 25⁰ C, car tout dépendamment des espaces verts, près de 10 à 30 % de l'énergie solaire atteindrait la surface sous la couverture végétale. De plus l'évapotranspiration effectuée par les végétaux permet d'évaporer de grandes quantités d'eau ce qui contribue à refroidir l'air ambiant. (Dubois, 2014)

Les infrastructures contribuent à la formation d'ICU puisque leurs masses thermiques sont accumulatrices de chaleur pendant le jour et d'énergie irradiée pendant la nuit. En raison de la géométrie des formes du bâti, le rayonnement dans l'air des espaces interstitiels est alors piégé dans les revêtements (Tabeaud, 2010). Pour exprimer la capacité d'absorption thermique d'une masse comme le revêtement d'un bâtiment par exemple, l'indice d'albédo est utilisé. Il s'agit précisément du rapport entre la fraction du rayonnement solaire réfléchi par une surface donnée et le rayonnement global incident (Bureau de normalisation du Québec [BNQ], 2013). Plus une surface est réfléchissante à la lumière, plus son indice d'albédo sera élevé ce qui logiquement, réduira sa capacité de rétention de la chaleur. Inversement, plus l'indice d'albédo sera faible, plus la capacité de rétention de la chaleur sera grande. Un fort albédo entraînerait donc une diminution de la température du matériau et des flux conduits vers l'air ambiant. Le pouvoir réfléchissant d'une masse variera selon la couleur, la texture et l'état de la surface exposée. Le tableau 3.2 montre la variation d'albédo de différents matériaux selon une échelle de 0 (faible) à 1 (élevé).

Tableau 3.2 Valeurs de l'albédo des surfaces dans un environnement urbain (tiré de : Martin, 2008)

Surfaces	Albédo de 0 à 1
Goudron et gravier	0,03 – 0,18
Asphalte	0,05 – 0,20
Béton	0,10 – 0,35
Tuiles foncées	0,10 – 0,35
Arbres	0,15 – 0,18
Peinture colorée	0,15 – 0,35
Briques et pierres	0,20 – 0,40
Pelouse	0,25 – 0,30
Surface réfléchissante	0,60 – 0,70
Peinture blanche	0,50 – 0,90

Les valeurs minimales montrent que les surfaces affichant un faible albédo sont le goudron et le gravier (0,03 – 0,18), l'asphalte (0,05 – 0,20) ainsi que le béton et les tuiles foncées (0,10 – 0,35) (Martin, 2008). Pour des revêtements plus foncés comme l'utilisation du bitume de couleur noire par exemple, la différence de température entre la surface et l'air ambiant peut atteindre jusqu'à 50⁰ C de plus (Giguère,

2009). Or, les surfaces affichant un albédo élevé sont la pelouse (0,25 – 0,30), la surface réfléchissante (0,60 – 0,70) et la peinture blanche (0,50 – 0,90). Les surfaces humides ou plus claires par exemple conserveraient une température plus faible puisque leur albédo est plus élevé (Martin, 2008). Par conséquent, les surfaces végétalisées affichent un meilleur indice d'albédo que la plupart des revêtements conventionnels.

En somme, la végétalisation du bâtiment est un moyen permettant de lutter contre le phénomène d'ICU puisque l'évapotranspiration des végétaux, leur faible capacité d'absorption de la chaleur et l'ombrage qu'ils procurent sont des propriétés contribuant à la régulation de la température.

3.2.5 La gestion des eaux pluviales

La minéralisation des surfaces en milieu urbain est aussi l'origine de plusieurs phénomènes importants en matière de gestion des eaux pluviales. Dans le cas de la ville de Montréal par exemple, c'est environ 80 % du territoire urbain qui serait occupé par des édifices et des surfaces pavées (Nerenberg, 2005).

La configuration des systèmes de gestion des eaux pluviales doit être considérée, car elle occasionne certains problèmes socio-environnementaux. Les villes possèdent généralement des systèmes d'égouts combinés, c'est-à-dire des réseaux qui collectent les eaux sanitaires et les eaux de pluie à l'aide d'un même conduit. À titre d'exemple, 63 % du réseau de la ville de Montréal en 2009 serait combiné. Lors de pluies ou de fontes de neige abondante par exemple, il arrive que le réseau de collecte des eaux pluviales et les stations de traitement d'épuration reçoivent un volume d'eau trop important. Lors de surplus, cela nécessite un déversement. N'ayant pas la capacité de traiter l'entièreté des eaux usées, des ouvrages de surverses vont donc s'effectuer afin de permettre l'écoulement de l'eau du réseau d'égout vers un cours d'eau. (Godmaire et Demers, 2009) Ces eaux non traitées peuvent pénétrer et contaminer les milieux aquatiques incluant les berges. Découlant de sources domestiques, industrielles et pluviales, les conséquences des surverses sont les rejets de polluants tels les composés de matières en suspension, les coliformes fécaux, les métaux lourds, de détergents, le phosphore, l'azote et le chlorure de sodium par exemple. (Garant, 2009) Selon un rapport du MAMROT, plus de 45 512 débordements d'eaux usées ont eu lieu au Québec incluant 400 déversements d'une durée de plus de 48 heures seulement en 2013. À cet effet, 61 % des débordements étaient liés aux eaux de pluie et 19 % à la fonte des neiges (MAMROT, 2014). Des événements plus récents comme le *Flushgate* de Montréal en 2015 où près de 4,9 milliards de litres d'eaux usées ont été déversés en moins de quatre jours dans le fleuve Saint-Laurent témoignent de l'importance et de la récurrence du problème (Gravel, 2016). La gestion des eaux de pluie entraîne des coûts importants pour la société. Par exemple, l'usine d'épuration de la Ville de Montréal filtre quotidiennement près de 2 500 000 m³ en temps réel et 7 500 000 m³ lorsqu'il pleut. Sachant que le coût approximatif d'épuration de l'eau en temps normal est de 0,19\$ / m³ en 2003, cela veut dire qu'une journée sans précipitation coûterait 475 000\$ contre 1 425 000\$ lors de précipitations (Landreville, 2005).

Par ailleurs, les CC pourraient avoir des effets sur la gestion des eaux pluviales, notamment en accentuant les problèmes de surverses. En effet, les observations et les projections d'Ouranos (2015) montrent que pour le sud du Québec, il y a une tendance à la hausse des épisodes de pluie printanière et automnale. Pour le reste du Québec, les tendances ne sont pas significatives pour la période 1950-2011. Néanmoins, les projections effectuées montrent que, partout au Québec, il y aura des hausses hivernales et printanières en ce qui a trait aux cumuls de précipitations. Par exemple, les quantités de précipitations pendant les journées pluvieuses augmenteront jusqu'à 40-70 % dans le Sud et Centre du Québec, voire même jusqu'à 70-100 % pour le Golf et le nord du Québec. De plus, les projections montrent qu'il y aura une hausse de la fréquence des événements de précipitations convectives comme les épisodes orageux. À cela s'ajoute la circulation atmosphérique pouvant aussi influencer les précipitations. D'autres constats montrent que les CC n'auront pas d'effet significatif sur la vitesse moyenne des vents au Québec. Néanmoins, le système dépressionnaire du Sud du Québec sera largement affecté par les retombées des tempêtes pouvant se former par la voie du *Gulf Stream* sur la côte Est des États-Unis. La fréquence et l'intensité des ouragans de catégorie 4 et 5 sur l'échelle Saffir-Simpson augmenteront avec le temps dans cette région du globe. Par conséquent, le Sud du Québec sera davantage touché de manière indirecte par les cyclones post-tropicaux. Ceux-ci causeront des épisodes sévères de pluies torrentielles, de vents violents et de microrafales. Inversement, pour ce qui est de la durée de l'enneigement, les observations effectuées sur la période 1948-2005 montrent une réduction significative de la durée d'environ 2 jours par décennies pour le Sud du Québec. Les projections effectuées montrent quant à elles une réduction de 45 à 75 jours pour le golfe du Saint-Laurent et de 45 à 65 jours pour le Sud du Québec pour la période 2041-2070. Il y aura donc une diminution de la quantité de neige au sol pour presque tout le territoire pendant cette période. Tout compte fait, l'ensemble de ces variations risquent d'affecter la capacité du bâtiment et des municipalités dans la gestion des eaux pluviales. (Ouranos, 2015)

À la lumière de ce qui précède, l'imperméabilisation des surfaces occasionnée par la construction des bâtiments et des chaussées expliquerait que l'humidité relative en milieu urbain soit 6 % inférieure à celle enregistrée en milieu rural. Sur une période de 24h pour une averse de 5 mm d'eau par m², l'évaporation serait de 4 mm en milieu rural versus 0,5 mm en milieu urbain. Au lieu de rafraîchir l'air ambiant, ces surfaces minéralisées vont contribuer à accroître la température et limiter le potentiel d'évaporation (Dubois, 2014). Or, en plus de réguler la température par l'évapotranspiration des végétaux, cette phytotechnologie va contribuer à l'optimisation de la gestion des eaux pluviales. Les résultats d'une étude effectuée à Portland en Oregon montrent que pour une toiture végétalisée composée d'un substrat de 10 cm d'épaisseur, l'absorption des eaux de pluie atteindrait 69 % alors que la rétention pourrait atteindre jusqu'à 100 % lors de tempêtes (Hutchinson, Abrams, Retzlaff, et Liptan, 2003). L'apport des végétaux dans les phénomènes de transpiration et d'évaporation expliquerait que le taux de rétention de l'eau soit de 40 à 50 % en hiver et de 70 à 100 % l'été (Peck, et al., 1999). Tel qu'illustré dans le tableau 3.3, il existe des écarts importants entre les types de toits et le taux de ruissèlement.

Tableau 3.3 Taux de ruissèlement en fonction du type de toit (tiré : de Mentens, 2003)

Type de toit	Ruissèlement (mm)	Ruissèlement (%)
Standard	665 mm	81 %
Standard avec 5 cm de gravier	636 mm	77 %
Standard avec 5 cm de substrat	409 mm	50 %
Standard avec 10 cm de substrat	369 mm	45 %
Standard avec 15 cm de substrat	329 mm	40 %

Ces résultats montrent que le taux de ruissèlement réduit graduellement en fonction de l'épaisseur du substrat. Un toit standard affiche un taux de ruissèlement de 81 % contre 40 % pour une toiture végétalisée ayant un substrat de 15 cm (Mentens, Raes et Hermy, 2003). En s'appuyant à nouveau sur les coûts du traitement des eaux pluviales à la Ville de Montréal, des estimations montrent que les toits verts peuvent réduire les coûts attribuables à la gestion des eaux de pluie. Dans le cas du Plateau Mont-Royal où la superficie des toitures standard totalise 2 215 824,6 m³ en 2003, soit 421 006\$ / an en traitement des eaux de pluie, la rétention de ces eaux réduirait de moitié les quantités d'eaux à traiter ce qui dégagerait des économies de 210 503\$ par année (Landreville, 2005). Dans la réduction des eaux de ruissèlement, la morphologie des plantes est plus importante que la masse végétale. Les feuilles duveteuses et/ou horizontales retiennent plus d'eau que les feuilles lisses et/ou angulaires (Compton et Whitlow, 2006).

De plus, les surfaces végétalisées vont filtrer l'eau de ruissèlement avant qu'elles parviennent aux stations d'épuration, aux cours d'eau et à la nappe phréatique (Bernier, 2011). À titre indicatif, il a été démontré que le cadmium, le cuivre et le plomb peuvent être filtrés et retenus jusqu'à 95 % dans le substrat, tout comme le zinc à une hauteur de 16 %. Réduire ces apports en termes de quantités de nitrates dans les cours d'eau s'avère nécessaire pour limiter la colonisation par les algues et l'eutrophisation des lacs (Bass et Baskaran, 2001). À cela s'ajoute la considération du pH. L'eau filtrée par les végétaux indique un pH plus basique ce qui par conséquent, peut avoir une incidence sur la fréquence des pluies acides (Dunnett et Kingsbury, 2008). La capacité de rétention de bactérie, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques et d'hydrocarbure pétroliers sont des éléments pouvant aussi être considérés (Gehenia, 2014).

Dans une certaine mesure, la végétalisation du bâtiment apparaît aussi comme une solution permettant de réduire les risques d'inondations. En dépit du fait que les causes soient attribuables aux tempêtes violentes, aux embâcles dans les rivières, à la fonte rapide des neiges ainsi qu'aux épisodes de pluies torrentielles ou prolongées (Agence de la santé publique du Canada [ASPC], 2018), les principaux facteurs environnementaux à considérer dans l'équation des risques d'inondations sont la présence d'infrastructures urbaines à proximité des cours d'eau et le type de sol des zones touchées (Sandink, 2010). Étant la catastrophe naturelle la plus fréquente au Québec, les inondations surviennent généralement près du fleuve, des rivières et des lacs (INSPQ, s. d.). En termes de coûts, selon le Bureau

National des Assurances du Canada (BAC), l'ensemble des différents paliers gouvernementaux au pays débourserait plus de 600 millions \$ / an pour soutenir financièrement les collectivités touchées (Babinsky, 2017). À titre indicatif, pour les inondations printanières survenues au Québec en 2017, 291 municipalités réparties à travers 15 régions administratives ont été touchées (Ministère de la Sécurité publique [MSP], 2017). Plus de 6 090 demandes de réclamations ont été effectuées en 2017 ce qui représente près de 135 millions \$ en aide versé aux sinistrés (MSP, 2018). Les inondations comportent des risques pour la population pendant et après les événements. Les cas d'anxiété en cas d'évacuation, d'intoxication au monoxyde de carbone, d'intoxication alimentaire, de problèmes liés aux moisissures, de gastroentérite, d'hypothermie, d'électrocution et d'infection ou d'irritation de la peau en sont quelques exemples (Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux [CIUSSS] de l'Estrie, 2016).

Tout compte fait, il a été observé que la végétalisation du bâtiment contribuerait à assainir les eaux usées. En fonction de la capacité d'absorption et de rétention mesurée, elle améliorerait aussi la performance entourant la gestion des eaux pluviales et réduirait par le fait même les risques liés aux inondations. Il s'agit donc d'une solution d'intérêt en matière de santé publique et de sécurité civile.

3.2.6 La biodiversité

La densification des activités humaines, le développement du territoire et l'extension des zones urbaines sont quelques exemples de tendances qui génèrent des problèmes environnementaux autant à l'échelle locale et que globale. En plus d'exercer une forte pression sur la biodiversité, cette transformation des paysages amène la destruction des habitats, fragmente les milieux naturels et perturbe l'équilibre en matière de biodiversité (Berteaux, 2014). Plusieurs facteurs comme la modification des habitats, l'altération des processus naturels, l'altération des régimes de perturbation et la modification de la composition des communautés vont influencer la biodiversité des milieux urbanisés. Or, ce qui pose problème, c'est que la préservation de la biodiversité est peu considérée dans la façon d'occuper le territoire, de former les villes et de privilégier les modes de vie. Cela s'explique par le fait que la nature est souvent perçue comme une contrainte au développement des municipalités. De manière générale, leur développement a donc contribué à réduire la biodiversité (Boucher et Fontaine, 2010).

Une analyse globale du couvert forestier à l'échelle de la planète a révélé que 70 % de la forêt se trouve à moins d'un kilomètre d'une ville. L'état de la situation montre que les milieux naturels sont donc susceptibles d'être exposés aux effets dégradants de la fragmentation ce qui par conséquent réduirait de 13 à 75 % la biodiversité et altérerait les fonctions essentielles des écosystèmes. À titre d'indicatif, plus les fragments sont petits et isolés, plus les effets seront négatifs (Haddad et al., 2015). Le Québec est aussi confronté à cette tendance. Les résultats d'une analyse sur l'évolution des écosystèmes montréalais ont d'ailleurs révélé qu'en l'espace de 50 ans, près de 80 % de la connectivité entre les écosystèmes aurait été perdu en raison de la fragmentation des milieux naturels. En termes de conséquence, cette

perte de connectivité peut entraîner l'extinction d'espèces, voir même l'effondrement de l'écosystème. C'est ce qu'a démontré le chercheur en écologie Andrew Gonzalez dans ses travaux sur l'importance de la connectivité. Pour contrer ce problème, celui-ci avance qu'il faut relier les forêts urbaines, notamment en augmentant la connectivité des écosystèmes à l'aide de corridors à l'échelle régionale (Binh An, 2018).

Les CC entraîneront de grands dérangements auprès des niches de certaines espèces et de l'équilibre de la biodiversité. C'est ce qu'avance le chercheur Dominique Berteaux (2014) dans son ouvrage au sujet des impacts des CC sur la biodiversité du Québec. La relation entre les CC et les phénomènes structurants les écosystèmes suscitent ou vont susciter au fil du temps des modifications sur la phénologie des espèces, les cyanobactéries et le dépérissement forestier par exemple (voir annexe 11). Les changements relatifs au climat modifieront les processus physiques et écologiques dans les écosystèmes ce qui aura une incidence sur le déplacement des niches climatiques. Ces nouvelles conditions climatiques peuvent favoriser l'apparition de nouvelles espèces. Par ailleurs, des projections effectuées sur 765 espèces ont révélé que ces changements donneront lieu à un repositionnement géographique pouvant s'expliquer par le fait que les animaux et les végétaux chercheront à s'adapter à leur environnement (voir annexe 12). La réponse des 765 espèces par rapport aux CC du 21^e siècle dans le Québec méridional serait de 128 pour l'immigration, 229 pour l'expansion, 383 pour le déplacement et 25 pour la contraction/extirpation. Le mouvement des populations fauniques et floristiques vers le Nord, la disparité de certaines espèces plus au Sud, l'augmentation du nombre d'espèces envahissantes et de parasites sont les principales conséquences avancées. En termes de vitesse, ces déplacements pourraient atteindre 500 à 800 km en l'espace d'un siècle ce qui représente un rythme de 49 à 70 km par décennie selon les espèces (voir annexe 13). Parmi les multiples mesures d'adaptation avancées afin de soutenir adéquatement cette transformation figure l'intégration de corridors naturels, la création des ceintures vertes autour des villes ainsi que la réduction des milieux naturels fragmentés et l'augmentation de la connectivité entre ceux-ci (Berteaux, 2014).

Reconnue comme un fondement du DD, la biodiversité est l'assurance-vie du bien-être de tous et apparaît comme un facteur d'amélioration des conditions de vie des populations et de la prospérité économique des États. Rappelons que le DD a pour vision de préserver et de développer la liberté tout comme les capacités d'action des populations actuelles sans compromettre celles des générations futures (Babin, 2015). La Convention sur la Diversité Biologique (CDB) soutient que la biodiversité est essentielle au développement, car elle est à l'origine de nombreux produits de bases relatifs aux besoins alimentaires ainsi qu'à la production de fibres, de médicaments et de combustibles. À titre d'exemple, près de 33 % des aliments consommés par l'humain dépendent directement ou indirectement de la phase de pollinisation effectuée par les abeilles. À partir d'estimations, la valeur économique de l'apport des pollinisateurs serait de 190 milliards\$ mondialement, seulement en 2005. Cet exemple montre comment les écosystèmes, ainsi que leurs composantes et sous-composantes, contribuent de manière significative

au bien-être des individus et des collectivités, mais aussi à la vitalité de l'activité économique. Pour mieux illustrer cet apport, le concept de service écosystémique (SE) est aussi utilisé. (Babin, 2015)

Selon le biologiste Bernard Chevassus-au-Louis (2015), les SE découlent de plusieurs ensembles et systèmes producteurs, c'est-à-dire des services écologiques et de surcroît, des services environnementaux. D'abord viennent les services environnementaux qui représentent le vaste ensemble des systèmes issu du fonctionnement de divers processus naturels existants ou antérieurs. Les deux sous-ensembles émanant de ce niveau sont d'une part, les divers processus physicochimiques comme la thermodynamique et d'autre part, les processus biologiques en interaction avec les processus physicochimiques comme le cycle du carbone par exemple (Chevassus-au-Louis 2015). Relativement aux services écologiques, ceux-ci garantissent le fonctionnement biologique ainsi que les services impliqués dans un ensemble d'écosystèmes. Par exemple, l'effet de l'évapotranspiration locale de la végétation sur la pluviométrie peut conditionner une mosaïque d'écosystèmes étant en interaction sur un territoire donné. Finalement, les SE, aussi appelés bénéfices des écosystèmes, sont définis comme un service, un flux de matière, d'énergie ou d'information issu d'un système producteur. Ces éléments peuvent être captés ou utilisés de manière profitable par l'humain (Chevassus-au-Louis 2015). Pour nommer que ceux-ci, l'apport des SE sur la minéralisation des éléments nutritifs du sol, la qualité du sol, la qualité de l'eau, la qualité de l'air, la pollinisation, la lutte biologique, l'effet brise-vent, les services d'approvisionnement d'une matière première et la régulation du climat en sont quelques exemples (Babin, 2015). Les gains économiques entourant la prise en compte des SE seront abordés ultérieurement.

Les mesures de verdissement comme les toits et les façades végétales favorisent la biodiversité, notamment puisque ces aménagements vont devenir des espaces relais faisant partie du tissu vert de l'espace urbain. Or, en misant sur l'intégration de la nature à travers l'architecture, ces moyens permettant d'augmenter le nombre de végétaux et de créer des microhabitats pour lesquelles plusieurs petits animaux peuvent en bénéficier (Boucher et Fontaine, 2010). Ceci étant dit, la végétalisation du bâtiment apparaît comme un moyen de soutenir la biodiversité et de compenser la perte de certains SE qui ont été enlevés par le développement urbain. Le Centre d'écologie urbaine de Montréal avance que le verdissement et la végétalisation sont des stratégies permettant d'augmenter la biodiversité urbaine, de consolider des corridors verts (Garant, Geoffroy, Hutchinson et Poisson, 2013). Au-delà des espèces végétales, les toitures végétalisées peuvent littéralement devenir des habitats naturels pour les insectes, les petits animaux et les oiseaux (Landreville, 2005). Plus concrètement, décider d'intégrer des jardins sur les toits contribuerait, dans une certaine mesure, à accroître la biodiversité, car :

« [...] en réduisant la fragmentation des habitats pendant la saison estivale et en proposant des plantes aux périodes de floraison variées, ces derniers favorisent la survie des espèces pollinisatrices, lesquelles contribuent par la suite à la conservation de plusieurs espèces végétales. » (Godin, 2012).

Tout compte fait, la végétalisation du bâtiment nécessite le remplacement des surfaces minéralisées inorganiques par des surfaces organiques créant des conditions propices pour soutenir la vie. Il est donc probable que, dans une certaine mesure, les surfaces végétalisées augmentent la connectivité entre les écosystèmes et contribuent à accroître la diversité biologique sur le territoire. Or, ce moyen stratégique pourrait soutenir la migration de certaines espèces cherchant à s'adapter aux CC.

3.2.7 La santé publique

La santé et les services sociaux sont la première dépense en importance du gouvernement du Québec. En guise d'exemple, 36,8 milliards\$ ont été accordés à ce secteur ce qui correspond à 45,7 % de son budget de dépenses 2017-2018 (D'Arisso, 2018). Précédemment, il a été observé que la pollution sonore, la pollution de l'air et les ICU peuvent occasionner d'importants problèmes sur le plan de la santé publique. Or, les stratégies de verdissements et de végétalisations des milieux de vie semblent atténuer ces problèmes et contribuer à accroître la qualité de vie des gens.

Selon l'*Institute of Medicine* (OIM), il est prévisible que les CC aient des impacts potentiels sur la santé des individus. À titre d'exemple, l'augmentation des épisodes de températures extrêmes pourrait entraîner une augmentation de la mortalité, une décroissance de la productivité ainsi qu'une modification dans la transmission des maladies respiratoires et infectieuses. Il existe plusieurs impacts liés à d'autres conséquences potentielles directes et indirectes des CC comme l'augmentation des précipitations abondantes, l'augmentation de la sécheresse, l'augmentation des concentrations d'ozone dans l'air ambiant et l'augmentation du pollen (*Institute of Medicine* [OIM], 2011). Les conséquences incluant leurs impacts figurent en annexe 14.

Les chercheurs Van den Berg, Wendel-Vos, Van Poppel, Kemper, Mechelen et Maas (2015) ont d'ailleurs analysé une quarantaine d'études sur les différences qu'amène la restauration des espaces verts en milieu urbain. Dans leurs travaux, ceux-ci ont constaté qu'il y a une association positive entre la quantité d'espaces végétalisés et la santé mentale ainsi que la mortalité des individus. De manière plus précise, les bénéfices en matière de santé publique semblent avoir une incidence sur les maladies physiques et mentales, les naissances ainsi que les habitudes de vie (Van den Berg et al., 2015).

Relativement aux maladies physiques, des chercheurs allemands se sont penchés sur l'incidence de la végétation sur la tension artérielle de 2 078 enfants sur une période de 10 ans. Les résultats montrent que les enfants vivant dans des secteurs peu végétalisés ont des tensions artérielles systoliques plus élevées en moyenne, soit de $0,90 \pm 0,50$ mmHg comparativement à ceux vivant dans les secteurs plus végétalisés (Markevych et al., 2014a). Par ailleurs, une étude portant sur 108 630 femmes à travers onze États américains a démontré que, pour un rayon de 250 m du lieu de résidence, les femmes vivant dans le quintile le plus élevé en termes de verdure moyenne cumulée ont 12 % moins de risque de décès non

accidentel toutes causes confondues comparativement à celles vivant dans le quantile le plus faible. De plus, les résultats montrent que les femmes situées dans le quantile le plus élevé de verdure auraient un taux de mortalité inférieur à 41 % pour les maladies rénales, 34 % pour les maladies respiratoires et 13 % pour le cancer comparativement à celles situées dans le quantile le plus faible (James, Hart, Banay et Laden, 2016). Des chercheurs ont étudié pendant plus de 20 ans l'incidence des espaces végétalisés sur les taux de mortalité de 575 000 individus d'une dizaine de villes ontariennes. Or, les résultats montrent que les populations se trouvant dans des secteurs caractérisés par un nombre plus élevé d'espaces végétalisés ont des taux de mortalité légèrement plus bas après un intervalle de 2 décennies. Malgré les facteurs de confusion résiduelle d'ordre sociodémographique, il semble y avoir une association plus forte pour les maladies respiratoires non malignes (Villeneuve, Jerrett, Burnett, Wheeler et Goldberg, 2012).

Les espaces végétalisés semblent aussi avoir une incidence positive sur la santé mentale des individus. C'est ce que conclut une étude britannique publiée en 2014 à laquelle les chercheurs ont mesuré le stress d'individus avant et après un déménagement. Du côté des individus ayant déménagé dans un secteur plus végétalisé, ceux-ci avaient une meilleure santé mentale les trois premières années suivant leur déménagement. L'effet inverse se produisait auprès des individus ayant déménageant dans un milieu moins végétalisé (Alcock, White, Wheeler, Fleming et Depledge, 2014). Le stress a aussi fait l'objet d'une autre étude, cette fois-ci, à l'aide de biomarqueurs non invasifs. Par exemple, le stress chronique mesuré par cortisol dans les cheveux serait plus élevé dans les secteurs plus défavorisés et faiblement densifié en termes d'environnements naturels. Le fait de vivre dans un quartier caractérisé par une moins grande densité d'espaces naturels serait associé à davantage de stress chronique (Gidlow, Randall, Gillman, Smith et Jones, 2016). Par ailleurs, une étude portant sur la récupération autorapportée à l'égard du stress a aussi démontré que le simple fait d'observer différents types de couverts végétaux aurait une incidence sur le rétablissement à la suite d'un stress vécu. Sur un total de 160 individus ayant visionné un film illustrant deux rues garnies d'un couvert végétal d'une proportion allant de 62 % à 2 %, il semble y avoir une relation positive et linéaire entre la densité du couvert végétal en milieu urbain et la récupération autorapportée. Un couvert végétal plus dense conduirait à une augmentation significative de 60 % du rétablissement (Jiang, Larsen et Sullivan, 2016). Une autre étude du genre a aussi été réalisée sur 102 individus de 17 à 40 ans au Royaume-Uni. Du côté des participants ayant visionné un film sur des sites naturels, ceux-ci montrent davantage de récupération face au stress, une réduction de l'humeur négative et un accroissement de la vitalité en comparaison à ceux qui ont visionné un film sur les milieux urbains (Van den Berg, Jorgensen et Wilson, 2014). Des chercheurs finlandais se sont penchés sur l'incidence de la marche en nature comme composante d'un programme pour faire face à la dépression. Les résultats montrent que pour 6 des 13 participants, la gravité de la dépression s'est significativement et cliniquement améliorée. La nature combinée à l'activité physique aurait donc une incidence sur le rétablissement, l'amélioration du bien-être mental et la réduction de l'état dépressif (Korpela, Stengård et Jussila, 2016).

Relativement aux naissances, des chercheurs de Vancouver ont étudié l'incidence de la verdure sur l'âge gestationnel à la naissance, le poids à la naissance et à la croissance du fœtus auprès de 64 705 sujets. Les résultats montrent qu'une augmentation de verdure située à moins de 100 m du lieu de résidence est associée à des poids à la naissance supérieurs pour les naissances à terme. De plus, cela amènerait une réduction de la probabilité d'avoir une naissance très prématurée et modérément prématurée (Hystad, Davies, Frank, Loon, Gehring, Tamburic et Brauer, 2014). Une autre étude du genre a été réalisée aux États-Unis sur le poids à la naissance de 239 811 sujets. Les résultats montrent que l'augmentation de l'écart interquartile dans la fraction des espaces végétalisés à l'intérieur d'un rayon de 250 m autour du lieu de résidence est associée à l'augmentation du poids à la naissance de 3,2 g. Cela entraînerait une réduction du risque de faible poids à la naissance de 7,6 % (Ebisu, Halford et Bell, 2016). Une autre étude allemande publiée en 2014 précise que la végétation aurait une incidence positive sur le poids à la naissance des nouveau-nés (Markevych et al., 2014b).

Relativement aux habitudes de vie, les espaces végétalisés semblent favoriser l'activité physique. C'est ce que révèle une étude réalisée en Australie auprès de 203 883 adultes de 45 ans et plus. Les résultats montrent que les résidents d'un secteur 20 % plus verts sont plus susceptibles de marcher et de participer à des activités physiques comparativement aux autres secteurs ayant moins de 20 % d'espaces verts. Pour les quartiers ayant plus de 80 % d'espaces verts, les résidents semblent marcher plus fréquemment et pratiquer davantage d'activité physique (Astell-Burt, Freng et Kolt, 2014). Une étude canadienne a également établi qu'il y a des associations positives entre la verdure et l'activité physique pour toutes les classes socioéconomiques. Les résultats de l'étude montrent que les individus résidant dans le quartile le plus élevé de verdure, c'est-à-dire à l'intérieur d'un rayon de 500 m, sont plus susceptibles de participer à des activités physiques lorsqu'ils consacrent du temps aux loisirs. Néanmoins, l'association la plus forte est observée chez les classes sociales mieux nanties ainsi que chez les jeunes adultes et plus particulièrement chez les femmes (McMorris, Villeneuve, Su et Jerrett, 2015).

En somme, le verdissement figure parmi les moyens permettant de prévenir les maladies physiques et mentales, d'améliorer les habitudes de vie et d'accroître le sentiment de bien-être des individus.

3.2.8 La sécurité alimentaire

Au tournant du 20^e siècle, l'approche fonctionnaliste a transformé la manière de concevoir la proximité avec le système alimentaire ce qui a mené à la séparation de l'agriculture et de l'urbanisation. Les lieux de productions agricoles vouées à soutenir la consommation alimentaire se sont éloignés des grands centres urbains. Étant aussi catalysé par l'augmentation de la valeur foncière du sol en milieu urbain, le secteur agricole a difficilement réussi à concurrencer le développement résidentiel et commercial (Vivre en Ville, 2012). À titre d'exemple, près de 2 % de l'ensemble du territoire québécois est utilisé à des fins agricoles. En 50 ans, l'évolution de la valeur des terres agricoles au Québec est passée de ± 20\$/ha en

1960 à $\pm 1\,190$ \$/ha en 2010. Entre 1986 et 2006, la superficie totale des terres cultivées est passée de $\pm 3\,640$ ha à $\pm 3\,460$ ha (Roy et Thomassin, 2015). Pour la CMM par exemple, la valeur totale des SE qui ont été retirés entre 1966 et 2011 s'élèverait à -132,6 millions\$ par année, cela spécifiquement pour les terres cultivées enlevées (Dupras, Revéret et Toussaint, 2015). L'un des principaux phénomènes entourant l'insécurité alimentaire est que l'approvisionnement alimentaire des populations repose sur les aléas d'un marché susceptible d'être instable. En plus de s'appuyer sur un modèle capitaliste, cet approvisionnement est dépendant des technologies et de la mondialisation (Gorelick, Merrifield et Norberg-Hodge, 2005). À l'échelle du Québec en 2016, près de 65 % des produits bioalimentaires proviennent de l'international en 2016. Pour répondre à leurs besoins bioalimentaires, les Québécois importent principalement leurs produits des pays de l'Union européenne (28 %), des États-Unis (21 %), du Brésil (8 %), de la Chine (4 %) et du Chili (3 %). En termes d'évolution, la valeur totale de ces importations est passée de 5 826 milliards en 2011 à 7 097 milliards en 2016, soit 1 271 milliards de plus en cinq ans (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation [MAPAQ], 2016).

Parmi les nombreux problèmes découlant de l'insécurité alimentaire au Québec figure aussi l'accessibilité géographique des aliments. Effectivement, une étude de l'INSPQ sur l'accessibilité géographique aux commerces alimentaires a démontré que 45,5 % de la population québécoise habiterait dans un secteur ayant un faible accès aux divers commerces d'alimentation. En regardant le cas de la Ville de Montréal par exemple, près de 5,7 % de la population résiderait à l'intérieur d'un désert alimentaire, c'est-à-dire un secteur offrant un faible accès aux commerces d'alimentation et se situant dans le quintile le plus élevé de la défavorisation matérielle. Plus précisément, la défavorisation matérielle regroupe plusieurs variables différentes comme le faible degré de scolarité, le revenu moyen et le rapport entre l'emploi et la population (Robitaille et Bergeron, 2013). Ceci étant dit, près de 17 % des Montréalais habiteraient un quartier répondant aux critères de désert alimentaire (Apparicio, Cloutier et Shearmur, 2007). En regardant l'accessibilité de l'offre de fruits et de légumes frais de cette même ville, près de 40 % des Montréalais n'auraient pas accès à ces aliments sur une distance de marche inférieure à 500 m (Bertrand, Thérien et Cloutier, 2008). De plus, la répartition géographique des commerces sur le territoire montréalais révèle une meilleure accessibilité aux commerces de fruits et légumes frais dans les secteurs où il y plus de gens détenant des diplômes universitaires (Daniel, Kestens et Paquet, 2009). Améliorer concrètement l'accès aux ressources alimentaires contribuerait à rendre les aliments plus abordables. Par exemple, dans un secteur de la Ville de London en Ontario, auparavant qualifié de désert alimentaire, l'ouverture d'un nouveau marché public aurait contribué à réduire de 15 % le prix du panier d'alimentation (Larsen et Gilliland, 2009). Par ailleurs, selon le même rapport de l'INSPQ, la stratégie à privilégier pour améliorer l'accès à des aliments frais serait de favoriser l'implantation de nouveaux lieux de production, de commercialisation ou de distribution alimentaire comme les marchés publics ainsi que les jardins communautaires (Robitaille et Bergeron, 2013). Dans le cas des jardins, ils peuvent d'ailleurs s'intégrer aux aménagements de végétalisation du bâtiment par le biais de toits potagers ou de jardin verticaux par exemple. D'une superficie de $25\,000\text{ pi}^2$, le toit potager du supermarché IGA extra Famille Duchemin et

Frères inc. inauguré en juillet 2017 montre qu'il est concrètement possible de conjuguer la production et la vente d'aliments en un même lieu (IGA, 2017). Un autre exemple intéressant est celui de l'organisme communautaire le Santropole Roulant qui, en plus cultivé des fruits et légumes biologiques directement sur leur toit, distribue leurs aliments à travers la communauté, notamment afin de favoriser la sécurité alimentaire et l'inclusion sociale (Santropole Roulant, 2018).

L'agriculture urbaine est parmi les solutions afin d'améliorer l'accessibilité aux ressources alimentaires. Spécifiquement pour l'implantation de jardins communautaires, il y aurait bon nombre d'avantages sur le plan de la santé et de la solidarité sociale. Dans une étude réalisée à Edmonton, il a été observé que les jardins communautaires améliorent l'accessibilité à des aliments frais pendant la période de production. Dans une certaine mesure, ils peuvent même contribuer à limiter les problèmes de déserts alimentaires (Wang, Qui et Swallow, 2014). Les espaces sous-utilisés comme les toitures peuvent littéralement devenir des fermes urbaines. C'est d'ailleurs ce qu'ont fait les fondateurs de *Brooklyn Grange* avec leur ferme urbaine totalisant 75 000 pi² à New York (Brooklyn Grange, s. d.). Produisant des légumes biologiques à même l'agglomération, leur modèle d'affaires, basé sur la proximité et la fraîcheur, explique que seulement 5 km de distance sont parcourus pour livrer les aliments dans les restaurants et les magasins. En plus de réduire les émissions de GES liées au transport, cette proximité accroît la fraîcheur des aliments puisqu'ils sont cueillis la veille (Mercier et Turcotte, 2014). Au Québec, l'entreprise les Fermes Lufa pratique l'agriculture urbaine sur le territoire de la Ville de Montréal. En utilisant des espaces inutilisés sur les toits, elle a aménagé depuis 2010 trois serres commerciales en aquaponie. Les légumes cultivés sont vendus à l'aide d'une plateforme en ligne faisant ainsi la promotion d'un système alimentaire local et responsable (Hébert, 2017).

Par ailleurs, ces lieux de production peuvent même encourager la consommation d'aliments sains et frais. Le fait qu'un adulte d'un ménage participe à un jardin communautaire augmenterait de 33 % le nombre de portions de fruits et légumes consommés au quotidien comparativement aux ménages n'ayant pas d'individus impliqués dans un jardin communautaire (Alaimo, Packnett, Miles et Kruger, 2008). Une étude sur l'utilisation d'une parcelle de jardinage communautaire par un individu a montré qu'il y avait des preuves suffisantes pour établir que cette pratique aurait des impacts positifs sur la santé et le bien-être. En plus de favoriser un vieillissement en bonne santé et une humeur positive, le jardinage contribuerait au développement d'habiletés et de qualités personnelles. Les plus importantes sont la concentration, la confiance en soi et le sentiment d'accomplissement. À l'évidence, le jardinage en milieu communautaire apparaît comme une activité thérapeutique de groupe intéressante pour les individus, notamment ceux atteints de problèmes de santé mentale (Genter, Robert, Richardson et Sheaff, 2015). En termes de bienfaits figurent l'amélioration de l'attention, la réduction des symptômes de la dépression ainsi que de l'anxiété. D'autres bénéfices comme le renforcement des liens sociaux dans la communauté et les effets individuels que procure cette activité physique doivent aussi être mentionnés (Michaels, 2014). Une étude britannique réalisée auprès de 171 jardiniers de 24 à 78 ans a d'ailleurs démontré que le temps consacré

au jardinage hebdomadairement pendant l'été aurait une incidence sur le sentiment de connexion avec la nature et le bien-être individuel. En plus de permettre aux individus de s'évader des préoccupations quotidiennes, ces espaces deviennent des lieux favorisant l'autonomie, la liberté et l'accomplissement d'une activité significative (Webber, Hinds et Camic, 2015).

Tout compte fait, la végétalisation du bâtiment peut devenir un moyen de pratiquer l'agriculture urbaine et dans une certaine mesure, de contrer une problématique d'insécurité alimentaire tout en suscitant de saines habitudes de vie.

3.2.9 Le sentiment de sécurité

Dans la dernière décennie, le taux global de criminalité a progressivement diminué au Québec, soit exactement de 37,9 %. À titre indicatif, ce taux est passé de 5 349 infractions par 100 000 habitants en 2006 à 3 320 infractions en 2015. Sur le plan proportionnel, les crimes contre la personne représentent 27,9 % des infractions alors que les crimes contre la propriété atteignent 60 %. (Ministère de la Sécurité publique, 2016) Bien que la criminalité semble avoir diminué de manière globale, force est de constater qu'elle demeure toujours présente à l'échelle de la province. Par ailleurs, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) précise qu'en plus d'être un droit fondamental de l'être humain, la sécurité est un préalable à atteindre dans l'amélioration et le maintien du bien-être ainsi que de la santé de la population. En règle générale, améliorer la sécurité nécessite la prise en compte de deux dimensions importantes qui vont s'influencer mutuellement. Il s'agit d'abord de la dimension objective reposant sur l'appréciation de paramètres comportementaux et environnementaux objectifs et ensuite, de la dimension subjective reposant sur le sentiment de sécurité de la population. Les conditions qu'il faut créer et maintenir afin d'atteindre un niveau de sécurité optimal sont multiples. (Organisation mondiale de la santé [OMS], 1998)

Malgré que la végétalisation et le verdissement semblent s'arrimer en partie avec l'une de ces conditions, soit l'atteinte d'un climat de cohésion et de paix sociale, les constats scientifiques à ce sujet ne semblent pas faire l'unanimité. À commencer par les travaux des chercheuses Sandra Bogar et Kirsten MM Beyer (2015), celles-ci concluent qu'actuellement, il n'y a pas assez d'études et trop de variations dans les résultats afin d'établir avec certitude qu'il y a une association positive entre les espaces verts, la violence et la criminalité (Bogard et Beyer, 2015). À l'inverse, en s'appuyant sur la thèse de Kaplan sur les effets démontrés de la fatigue sur les comportements violents, les enquêtes effectuées par les chercheurs Kuo et Sullivan ont toutefois révélé que la présence de végétation aurait un effet positif sur le degré d'agressivité et de violence en ville. En fait, les taux d'agression et de violence seraient significativement plus élevés chez les résidents d'immeubles appartements ayant une végétation plus rare aux alentours en comparaison à ceux bénéficiant de végétation plus importante à proximité (Kuo et Sullivan, 2001a). Pour des immeubles appartements ayant des caractéristiques similaires, ces mêmes chercheurs avancent également que moins de crimes portant atteinte à la propriété auraient été perpétrés du côté des édifices

bénéficiant de plus de végétation à proximité. En outre, ceux-ci estiment que les individus vivant en zones plus verdoyantes auraient un niveau de crainte moins élevé (Kuo et Sullivan, 2001b).

En définitive, la végétalisation contribuerait à accroître le sentiment de sécurité, mais son incidence sur la réduction de problèmes liés à la criminalité s'avère incertaine.

3.2.10 L'éducation

Au Québec, les sommes destinées à l'éducation et à l'enseignement supérieur s'élèvent à 17,9 milliards\$ ce qui représente 22,3 % du budget de dépenses 2017-2018. Pour nommer que ces deux portefeuilles tout en incluant leur proportion budgétaire, 9,9 milliards\$ sont destinés à l'éducation préscolaire, l'enseignement primaire et secondaire (55,6 %) et 5,6 milliards\$ à l'enseignement supérieur, soit aux établissements d'enseignement collégial et universitaire (31,1 %). (D'Arisso, 2018) En plus d'occuper une place prédominante dans les finances publiques de la province, force est de constater que plusieurs problématiques importantes gravitent autour de l'éducation et de l'enseignement. La réussite scolaire ainsi que le décrochage scolaire sont quelques uns des défis à relever par les institutions et la société.

Relativement au décrochage scolaire, le taux atteignait en moyenne 9,4 % au Québec en 2014, soit 6,3 % chez les femmes et 12,5 % chez les hommes (Statistique Canada, 2018). Dans un rapport de Jacques Ménard sur le décrochage scolaire au Québec publié en 2009, il est avancé que les décrocheurs doivent composer avec des revenus annuels moyens moins importants, une espérance de vie moyenne plus courte et des risques de dépression à l'âge adulte plus probants. De plus, les décrocheurs seraient moins enclins à prendre part aux divers exercices de participation citoyenne comme d'exercer leur droit de vote, de faire du bénévolat ou de donner du sang par exemple. En termes de conséquences économiques, chaque décrocheur coûterait plus de 439 000 \$, ce qui correspond à 1,9 milliard\$ pour l'État. Bien que les causes soient variées, il faut dire que les risques de décrochage augmentent avec le nombre de facteurs de risques. La performance scolaire, la relation de l'élève avec l'enseignant, le climat à l'école, la valorisation des études, les rapports sociaux, les habiletés cognitives ainsi que la santé et le bien-être des élèves en sont quelques exemples. (Ménard, 2009) Pour toutes ces raisons, le décrochage scolaire est une problématique importante à soulever.

L'organisme Vivre en Ville avance que le verdissement et la végétalisation des milieux scolaires contribueraient à équilibrer le cadre de vie des écoliers et à accroître leur proximité avec la nature (Vivre en Ville, 2014a). Plusieurs publications font d'ailleurs état des nombreux bienfaits et bénéfices que procurent les espaces verts en milieu scolaire. Ces aménagements pourraient aussi avoir une incidence positive dans la résolution des problématiques avancées précédemment.

Tout d'abord, Moore affirme qu'un milieu scolaire plus vert peut catalyser le sentiment d'appartenance à la collectivité et à l'institution scolaire. À vrai dire, les végétaux amélioreraient l'esthétisme ce qui par conséquent, améliorerait l'image projetée et renforcerait l'attractivité du milieu scolaire. En plus d'améliorer l'estime de soi et le bien-être des jeunes, les végétaux augmenteraient ainsi l'appréciation à l'égard du milieu vie. (Moore, 1997) Supportant diverses formes d'apprentissages à propos de la nature, par la nature et dans la nature (Malone et Tranter, 2003), les espaces verts deviennent littéralement des extensions de la salle de classe propice à l'expérimentation (White, 2004). Autrement dit, transformer l'environnement scolaire en intégrant la nature crée des dispositions favorables à la concrétisation de notions théoriques et abstraites. Une expérience sur le verdissement de plusieurs écoles torontoises a d'ailleurs démontré que cette transformation verte peut avoir une incidence positive sur l'enthousiasme des enseignants et sur la conscientisation des élèves à l'égard d'enjeux environnementaux (Dyment, 2005). Par ailleurs, une autre étude a révélé qu'une végétation abondante pouvait diminuer la sévérité des symptômes de TDAH. Miser sur la végétation permettrait donc de créer des lieux de restauration de l'attention et contribuer à la réussite scolaire des enfants (Taylor, Kuo et Sullivan, 2001). En ce sens, les travaux de Zhou et Rana montrent que la verdure améliorerait le niveau d'attention des enfants en classe et stimulerait par le fait même leur ingéniosité et leur imagination (Zhou et Rana, 2012). En verdissant la cour d'école par exemple, il a été observé par Akpinar dans son étude sur 223 jeunes du secondaire que cela améliorerait la santé mentale des jeunes. À vrai dire, la présence d'espaces verts à proximité de l'école aurait un effet réparateur perçu par les étudiants (Akpinar, 2016). D'autres études ajoutent que l'intégration d'un contexte d'apprentissage en environnement naturel extérieur aurait une incidence positive sur le développement moteur des enfants et des jeunes. En plus d'être une vitrine favorisant le développement de connaissances et d'aptitudes, les environnements naturels peuvent améliorer l'estime de soi. De plus, les espaces verts auraient aussi un effet calmant, particulièrement auprès des enfants ayant des difficultés émotionnelles et comportementales (O'Brien et al., 2011).

Lorsqu'une personne est davantage connectée avec la nature en se trouvant plus fréquemment dehors par exemple, celle-ci est susceptible d'être plus soucieuse de la préservation de la nature et par le fait même, d'avoir des comportements ainsi que des attitudes favorables à la protection de l'environnement (Horwitz et al., 2015). Aux États-Unis, des chercheurs se sont penchés sur l'impact de trois cours d'école verdies au Maryland et au Colorado. Les élèves de 6 à 18 ans intégrant des milieux verdis pour jouer et apprendre ont présenté une humeur plus positive, une diminution du stress, de la colère, des problèmes de comportements et d'inattention. L'immersion tout comme l'exposition aux expériences sensorielles positives que procurent les milieux naturels contribueraient donc à créer des conditions d'apprentissages favorables aux activités constructives, créatives et coopératives (Chawla, Keena et Stanley, 2014).

En l'espace de quatre ans, l'ONG *City Growers* a effectué des ateliers de jardinage sur des toitures vertes avec la participation de plus de 12 000 élèves provenant d'écoles publiques new-yorkaises. En plus de combler le fossé entre la ville et la campagne, cette initiative amène une perspective différente quant à la

place que peut avoir la nature en milieu urbain. En misant sur l'éducation à partir du potager jusqu'à l'assiette, les élèves peuvent ainsi se connecter avec la nature et mieux comprendre les origines de leur alimentation (Mercier et Turcotte, 2014). À vrai dire, les apprentissages réalisés dans l'environnement auraient une incidence positive sur la performance scolaire des élèves en sciences et en mathématiques (Desmond, Grieshop et Subramaniam, 2003).

En somme, la végétalisation aurait une incidence sur l'éducation, cela plus particulièrement en milieu scolaire. Miser sur les végétaux afin d'améliorer l'environnement d'apprentissage contribuerait à accroître l'attractivité de l'institution, à créer des dispositions restauratrices de la concentration et finalement, à créer des dispositions d'apprentissages propices à la concrétisation de notions théoriques et abstraites.

3.2.11 L'embellissement et la création de valeur

Depuis les années 2000, plus de la majorité de la population mondiale vit dans les villes. En plus d'être marqué par un développement rapide et soutenu, le poids démographique explique que leur croissance s'accroîtra au fil du temps (Gehl, 2012). Les édifices ainsi que les infrastructures comme celles liées au transport occupent une grande partie de l'espace urbain. Rappelons qu'en termes d'occupation du sol, c'est près de 80 % du territoire urbain de la Ville de Montréal qui serait minéralisé, c'est-à-dire transformé en milieu bâti (Nerenberg, 2005). Dans le cas des toitures par exemple, l'espace est souvent sous-utilisé, inutilisé ou inaccessible. Brenneisen affirme d'ailleurs qu'« aucune surface en ville n'a aussi peu de concurrence pour son usage que le toit d'un immeuble tout en étant en même temps si peu exploitée » (Brenneisen, 2005).

De manière générale, l'histoire des villes montre aussi que la planification et la structuration de l'espace urbain influencent les comportements humains ainsi que la façon dont les activités s'y déroulent (Gehl, 2012). L'environnement bâti crée une séparation entre l'intérieur et l'extérieur ce qui par conséquent, réduit la connexion de l'humain avec la nature. Dans une perspective biophilique, cette séparation de la nature en milieu urbain dense où la population est entourée de matériaux artificiels comme le béton, la brique et l'asphalte expliqueraient que les citoyens d'une ville ressentent le besoin de vie et de nature, notamment à travers le design (McLennan, 2004). Cela dit, il a été observé précédemment que le retrait et l'altération des milieux naturels au bénéfice du milieu bâti peuvent compromettre le développement tout comme la santé des citoyens. La préservation de la biodiversité tout comme la mise en valeur des milieux naturels deviennent donc des enjeux importants à considérer afin de créer un milieu de vie de qualité permettant de soutenir le développement des villes et permettant d'assurer la santé et le bien-être de la population (Boucher et Fontaine, 2010). Or, décider d'optimiser l'utilisation du sol pour soutenir la croissance des villes, cela tout en garantissant l'intégration de la dimension humaine dans les pratiques urbanistiques et architecturales est l'un des grands défis à relever (Gehl, 2012).

En misant sur la végétalisation du bâtiment, cela permet non seulement d'optimiser l'utilisation de l'espace disponible, mais aussi de créer de la valeur au bâtiment. À vrai dire, la végétalisation permet d'intégrer des éléments naturels à travers le milieu bâti où en règle générale, les surfaces disponibles au niveau du sol sont plus rares pour créer des espaces verts (Bernier, 2011). Dans le cas des toitures végétalisées par exemple, certains aménagements vont bonifier les usages du bâtiment en créant des espaces de vie supplémentaires, cela dans la mesure où ils sont accessibles aux gens. Les toits-terrasses comme lieu d'échanges, les jardins thérapeutiques comme lieu de détente et les potagers comme lieu de production alimentaire en sont quelques exemples (Landreville, 2005). Dans le cas des murs verts, ils nécessitent souvent très peu d'espace ce qui constitue un avantage dans l'optimisation de l'espace disponible. Par exemple, les plantes grimpantes d'une façade végétale peuvent atteindre jusqu'à 30 m de hauteur et requièrent un espace minimal au sol de 15 cm² (Garant, Geoffroy, Hutchinson et Poisson, 2013).

La végétation augmente également l'esthétisme visuel et accroît la qualité des milieux de vie ce qui conséquemment, peut accroître la valeur au bâtiment. À titre d'exemple, des évaluations effectuées à la ville de Montréal montrent que les propriétés immobilières se trouvant dans les zones plus végétalisées auraient une valeur pouvant atteindre jusqu'à 18 à 20 % de plus comparativement aux autres secteurs (Bélanger Michaud, 2013). En ce sens, lorsque l'emplacement offre un important couvert végétal aux alentours, ces proportions peuvent même s'élever jusqu'à 37 % (Wolf, 2007). Pour une municipalité, l'amélioration de la qualité de vie peut accroître l'attractivité du milieu ce qui par conséquent, pourrait occasionner une augmentation des revenus fonciers en raison de l'augmentation de la valeur des propriétés. La végétalisation est un moyen contribuant à rendre le bâtiment plus écologique. Or, une étude économique a révélé que les primes sur les baux dégagées pour édifice ayant ce type de certification peuvent atteindre plus de 5 à 25 % du prix des baux des bâtiments conventionnels (IMT and Appraisal Institute, 2013). Pour le propriétaire et le promoteur immobilier, la végétalisation apparaît donc comme une avenue permettant de maintenir sa compétitivité en bonifiant le produit offert aux acheteurs ou aux locataires éventuels. En misant sur des espaces de qualité en raison d'un confort accru et de l'esthétisme par exemple, il est possible que cela accroisse l'attractivité tout comme la valeur marchande de la propriété. Les surfaces végétalisées deviennent littéralement un attribut permettant au vendeur de se démarquer dans le marché immobilier. Cela constitue un avantage autant pour le vendeur que pour la municipalité, car ces aménagements permettent de dégager une image citoyenne positive pouvant renforcer leurs engagements tout comme leur crédibilité écologique et sociétale (Vivre en Ville, 2014b).

Pour mieux illustrer l'incidence des végétaux sur la valeur d'une propriété, une étude du *Sustainable Cities Institute* a révélé que la proximité d'infrastructures vertes influencerait le consentement du prêt à payer des particuliers. Ceux-ci seraient d'ailleurs prêts à payer jusqu'à 33 % plus cher dans ces conditions (Tavin et Leseur, 2016). Ainsi, en plus de promouvoir une architecture plus responsable, la végétalisation du milieu urbain confère une valeur ajoutée au milieu de vie ce qui renforcerait l'aspect identitaire de

l'entité désirant se distinguer par ces valeurs écologiques (Landreville, 2005). Le célèbre architecte et urbaniste danois, Jan Gehl (2012), avance qu'au-delà de l'esthétisme :

« [...] la verdure urbaine a une valeur symbolique. Sa présence en dit long sur l'importance qu'une ville accorde aux activités récréatives, à l'introspection, à la beauté, à la durabilité et à la biodiversité. [...] L'amélioration des conditions de vie dans l'espace urbain est intimement liée au développement de villes animées, sûres, durables et saines. » (Gehl, 2012)

Ceci dit, les multiples bienfaits du verdissement semblent avoir un effet positif sur la qualité de vie de la population. En plus de renforcer la fonction sociale de l'espace urbain (Gehl, 2012), le propriétaire d'un bâtiment muni d'une surface végétalisée envoie ainsi un message clair exposant sa responsabilité à l'égard de l'environnement et de la société (Trottier, 2008).

Par ailleurs, les espaces verts peuvent devenir des lieux de rencontres consacrés aux échanges et aux loisirs. Or, les espaces urbains végétalisés peuvent accroître la cohésion sociale d'une communauté (Beckley, 1995) ainsi que l'attachement communautaire (Arnberger, 2012). En renforçant le sentiment d'appartenance à l'égard d'un groupe, d'une communauté ou d'une collectivité, ces espaces contribuent à accroître la socialisation et à réduire le sentiment de solitude des gens (Marques et Bouzou, 2016). C'est d'ailleurs ce qui a été observé dans une enquête effectuée auprès de 10 000 résidents hollandais. Les résultats indiquent qu'une faible densité de verdure serait liée à un sentiment plus régulier de solitude et de manque de soutien ressenti auprès des gens, cela plus particulièrement auprès des enfants, des personnes âgées et des individus ayant un faible niveau d'éducation (Maas et al., 2009).

Pouvant aussi générer de la richesse sur le plan économique, l'implantation et l'entretien d'espaces verts contribuent à la création et au maintien d'emplois directs et indirects (Marques et Bouzou, 2016). Cette stimulation de l'économie locale peut concrétiser des relations d'affaires avec des services-conseils et de maintenance mandatée afin de faire naître et/ou maintenir ce type de projet (Tavin et Leseur, 2016). Par exemple, plus de 28 600 entreprises du paysage ont soutenu les infrastructures vertes en France en 2014 ce qui correspond à 63 500 salariés, à un chiffre d'affaires de près de 5,3 milliards€ et à des investissements de près de 285 millions€ (Marques et Bouzou, 2016). Néanmoins, il faut prendre ces données à la légère puisque ces retombées ne sont pas spécifiques à la végétalisation du bâtiment.

Tout bien considéré, l'ensemble de ces éléments montre qu'en plus d'embellir le milieu de vie, d'optimiser l'utilisation de l'espace disponible et de contribuer à la création de valeur du bâtiment à plusieurs égards, la végétalisation générerait des retombées socioéconomiques significatives tout en renforçant l'attractivité.

3.2.12 Les services écosystémiques

Au-delà des coûts relatifs à l'achat et à l'entretien, aborder l'efficacité économique de la végétalisation est un exercice complexe à faire, car les retombées atteindront différents niveaux d'intervention. Dans le cas d'une rue ornée d'arbres en bordure des trottoirs par exemple, les bénéfices tirés peuvent à la fois concerner le rendement énergétique des propriétaires puisque ces arbres procurent de l'ombre aux bâtiments (niveau sectoriel) et accroître la qualité de vie de l'ensemble de la population d'une agglomération puisque cet écosystème améliore la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire (niveau régional). Pour faciliter la compréhension des externalités positives à l'échelle de la société apparaît la notion de services écosystémiques (SE). En règle générale, les décisions d'investissements reposent essentiellement sur des paramètres d'ordre économique. L'un des principaux défis est donc d'accorder une valeur aux SE afin qu'ils puissent être mieux compris et intégrés dans la prise de décision.

Plus précisément au Québec, des experts ont d'ailleurs tenté de déterminer la valeur économique des SE en s'intéressant aux systèmes agroforestiers intercalaires en milieu tempéré. Ceux-ci ont d'abord procédé à l'évaluation marginale des SE pour ensuite actualiser les prestations futures des SE estimée sur une période de 40 ans selon un taux de 4 %. Tel qu'illustré dans le tableau 3.4, les valeurs marginales et les valeurs actuelles nettes sont significatives pour un seul hectare (Olivier, Alam, Dupras et Revéret, 2015).

Tableau 3.4 Répartition des valeurs marginales et des valeurs actuelles nettes des SE des systèmes agroforestiers pour une rotation de 40 ans (tiré de : Olivier et al., 2015)

Services écosystémiques (SE)	Valeur marginale (\$/ha/an)	Valeur actuelle nette (\$/ha)
Pollinisation	24	500
Minéralisation des éléments nutritifs du sol	31	652
Effet brise-vent	39	813
Lutte biologique	75	1 556
Production de bois	140	2 905
Qualité du sol	175	3 631
Régulation du climat	356	7 346
Qualité de l'air	462	9 510
Qualité de l'eau	558	11 581
Produits agricoles	785	16 287
Total	2 645	54 782

Ces estimations des SE montrent qu'un seul hectare d'écosystème agroforestier aurait une valeur marginale de 2 645 \$ par année alors que sur une période de 40 ans, ce même hectare représenterait près de 54 782\$. Les valeurs actuelles nettes (VAN) par hectare (ha) les plus élevées sont la production agricole (16 287\$/ha), la qualité de l'eau (9 510\$/ha), la qualité de l'air (9 510\$/ha) et la régulation du climat (7 346\$/ha). De manière à illustrer les SE à l'échelle de la CMM par exemple, cela bien entendu en excluant la production agricole et en supposant qu'elle conserve sa forêt urbaine d'une superficie totale de 33 477 ha en 2014, la valeur marginale des SE serait de ± 62 millions\$ alors que la VAN approximative serait de ± 1.3 milliard\$ en 2048 (Olivier et al., 2015).

Les résultats montrent que la protection de la nature est largement bénéfique sur le plan économique. Néanmoins, les SE peuvent perdre de leur efficacité et de leur durabilité lorsque la biodiversité et les écosystèmes sont dégradés. Qu'elle soit sur le plan global ou local, cette dégradation peut compromettre la pérennité et l'accessibilité économique, car la bonne santé de la biodiversité et des écosystèmes garantit l'obtention et la captation des SE. Autrement dit, la biodiversité soutient les fonctions des écosystèmes, c'est-à-dire l'offre de bienfaits aux populations (Babin, 2015). En termes de conséquence, une perte de biodiversité peut littéralement toucher chacune des dimensions du DD, cela à tous niveaux. Elles peuvent ébranler la sécurité agroalimentaire et affecter de grands secteurs d'activités économiques comme emplois liés aux ressources naturelles ou à la fabrication de médicament par exemple. Elles peuvent aussi perturber, voir même interrompre certains processus naturels voués à filtrer l'eau, purifier l'air, régulariser les crues et limiter les sécheresses, réguler les parasites et les maladies, enrichir les sols en éléments nutritifs, séquestrer le carbone, etc. L'ensemble de ces conséquences peut affaiblir la résilience des écosystèmes et des populations à l'égard d'événements susceptibles de compromettre leur intégrité (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2014).

Tout compte fait, la végétalisation remplace des surfaces minéralisées et inorganiques par des surfaces organiques. En intégrant une valeur écologique au bâtiment, cela devient donc d'un moyen permettant de compenser dans une certaine mesure la perte de SE occasionnée par la construction du bâtiment.

3.2.13 La durabilité des matériaux

Il a été observé que les matériaux ont des impacts négatifs tout au long de leur cycle de vie. Les résultats d'une modélisation sur l'influence de la sélection des matériaux dans le cycle de vie d'un immeuble de bureaux ont d'ailleurs montré qu'en termes de contribution aux impacts environnementaux, les matériaux de construction atteignent une proportion supérieure à 50 % (Lessard, 2017). Uniquement sur le plan de l'approvisionnement pour la construction, la fabrication des matériaux requiert 60 % des matières premières extraites de la lithosphère. À ce pourcentage, environ 20 % de ces matières sont consacrées aux infrastructures et 40 % aux bâtiments (Zabalza, Capilla et Usón, 2011). Après avoir analysé la littérature, Lessard avance que la durée de vie de conception d'un immeuble de bureaux varie entre 50 et 100 ans. En plus d'influencer directement la durée de vie du bâtiment, la durabilité des matériaux aurait une incidence sur les effets occasionnés lors de leur remplacement et/ou de leur fin de vie utile (Lessard, 2017). Prolonger la durée de vie figure parmi les grands principes à relever en matière d'écoconception.

Les risques inhérents aux CC sont grandissants. En absence de mesures d'adaptation, l'intensification des phénomènes météorologiques et les perturbations climatiques accroîtront la vulnérabilité des milieux humains et naturels (Ouranos, s. d.). Tel qu'illustré dans l'annexe 14, plusieurs conséquences directes et indirectes des CC pourraient avoir des impacts potentiels sur l'environnement intérieur comme les dommages et la dégradation des matériaux de construction (IOM, 2011). À titre indicatif, selon le Bureau

d'Assurance du Canada (BAC), les CC auraient des impacts financiers significatifs sur l'ensemble de la société. Seulement en 2012, les dommages dus aux CC auraient atteint 1,2 milliard\$ comparativement aux évaluations des quatre années antérieures qui étaient de près de 1 milliard\$ / an (Bureau d'Assurance du Canada, [BAC], 2013).

La végétalisation du bâtiment contribuerait à accroître la durabilité de l'enveloppe du bâtiment. En effet, une surface végétalisée est synonyme de protection additionnelle pour les couches inférieures ce qui dans les faits, ralentit la dégradation et prolonge la durée de vie utile des matériaux. En plus de protéger la membrane d'étanchéité des fluctuations journalières et saisonnières relatives à la température, les toitures végétalisées limitent leur exposition aux rayons UV (Landreville, 2005). En d'autres mots, le prolongement de la durée de vie s'explique par l'amélioration de la stabilité thermique auprès des structures et des matériaux ainsi que par l'absorption du rayonnement solaire par les végétaux dans leur processus de photosynthèse (Bouyer, 2009).

Les auteurs Dunnnett et Kingsbury (2008) estiment que l'ajout d'une toiture végétalisée permet de doubler la durée de vie d'une membrane élastomère neuve. Dans l'hypothèse que ce revêtement possède une durabilité de 25 à 35 ans (Martineau, 2011), la durée de vie utile d'un toit végétal serait idéalement de 50 à 70 ans. Néanmoins, il existe encore des incertitudes quant à la durabilité de cette option. À titre indicatif, dans cette même étude du CIRAIG, il est estimé aux fins de leur analyse que la durée de vie utile d'un toit vert extensif est de 30 à 45 ans (Martineau, 2011). Les cas concrets illustrant la durabilité d'un système moderne de végétalisation sont rares et se trouvent principalement en Europe. À titre d'exemple, les réalisations les plus anciennes de l'entreprise Soprema ont été réalisées en 1980 en Allemagne et en 1988 en France ce qui correspond à 38 et 30 ans (Lassalle, 2008). Dans l'inventaire effectué au début de ce travail, le projet le plus ancien ayant été identifié date de 2003 ce qui correspond à 15 ans.

Tout bien considéré, la végétalisation contribuerait à accroître la durabilité du bâtiment, notamment en constituant une protection additionnelle pour les matériaux se trouvant sous la surface végétalisée.

3.2.14 Le confort thermique intérieur et l'efficacité énergétique

Relativement au confort thermique, les gestionnaires du bâtiment doivent maintenir une température suffisamment confortable pour les occupants malgré les variations thermiques extérieures saisonnières. Selon la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité au travail (CNESST), la température idéale se situe en 23 et 26 °C l'été et 20 à 23,5 °C l'hiver. De manière à maintenir une ambiance thermique acceptable en milieu de travail, les moyens de contrôle s'effectuent en évitant l'inconfort attribuable à la chaleur et au froid (CNESST, 2004). En regard aux CC, l'augmentation des épisodes de températures extrêmes peut augmenter la demande d'énergie liée aux systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation. Dans l'hypothèse que ces systèmes sont à l'arrêt en raison

d'une panne ou incapable de réguler la température intérieure efficacement, il est possible que ces épisodes aient aussi une incidence négative la santé et la productivité des individus exposés à la chaleur et au froid extrême (IOM, 2011).

L'efficacité énergétique est enjeu de taille au Québec. Avec un taux de croissance annuel moyen de 0,5 %, la province connaît une tendance croissance de la demande d'énergie depuis le début des années 80. Seulement pour l'année 2013, 40 millions de tonnes équivalentes de pétrole (tep) ont été consommés à l'échelle de la province. Or, 50 % du bilan énergétique est attribuable au pétrole et au gaz naturel. Malgré quelques épisodes de baisses depuis 1997, près de 6,4 milliards / m³ de gaz naturel ont été consommés en 2013, ce qui représente une hausse de 8,1 % par rapport à l'année précédente. Les principaux consommateurs sont le secteur industriel (61,5 %), commercial et institutionnel (26,5 %) puis résidentiel (10,0 %) (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [MERN], 2013). Relativement à la consommation d'énergie liée à la climatisation et au chauffage par exemple, celles-ci affichent une proportion de 65,7 % pour le secteur résidentiel et 58,4 % pour le commercial et l'institutionnel. À titre indicatif, un Québécois consommerait l'équivalent énergétique de 35 barils de pétrole par année (MERN, 2014a). En plus d'être une source d'émissions de GES importante, les hydrocarbures reposent sur l'exploitation d'énergies fossiles qui dans le cas du Québec, sont issues d'une importation à la hauteur de presque 100 % (MERN, 2013). Les pourcentages d'émissions de GES par forme d'énergie atteignent 81,0 % pour les produits pétroliers et 16,6 % pour le gaz naturel (MERN, 2014b). L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime que la demande énergétique mondiale pourrait encore augmenter de 30 % d'ici 2040 (Agence internationale de l'énergie [AIE], 2017). Il est donc pertinent de soulever cette problématique. Les actions vouées à substituer ou à réduire la dépendance aux énergies fossiles figurent parmi les solutions.

Ayant la capacité d'améliorer l'isolation thermique, la végétalisation permettrait d'améliorer le confort thermique et l'efficacité énergétique du bâtiment. Cela s'explique par le fait que l'énergie solaire est captée et convertie en énergie chimique par les végétaux. De plus, l'évaporation de l'eau rafraîchit l'air et augmente l'humidité (Bozonnet, Allard, Musy, Chazelas et Guarracino, 2006). Cela dit, ces mesures peuvent devenir synonymes d'économies d'argent et de réduction des émissions de GES (Ressources naturelles Canada, 2014).

Dans une étude de l'Institut canadien de recherche en construction (IRC) publiée en 2004, il a été observé qu'en période estivale et printanière, une toiture végétalisée composée d'un substrat d'une épaisseur de 15 cm avec graminées réduirait d'environ 85 % la chaleur totale pénétrant le bâtiment en journée et 70 % la nuit. La réduction globale des flux de température d'une toiture végétalisée par rapport à une toiture non végétalisée atteindrait près de 29,7 kWh/m²/an. Malgré les variations des flux thermiques (kWh/j), la toiture végétalisée est plus efficiente qu'une toiture non végétalisée, peu importe les moyennes saisonnières (Liu, 2004). Or, la performance thermique variera aussi en fonction de la composition et de la

diversité de la plantation. À titre d'exemple, les plantes sempervirentes offrent une meilleure capacité d'isolation thermique et les plantes caduques. Le genévrier prostré figure d'ailleurs parmi les plantes jugées efficaces contre le froid canadien (Dunnett et Kingsbury, 2008).

Le Centre d'écologie urbaine de Montréal a aussi mesuré l'incidence des toits verts sur le rendement énergétique du bâtiment. Pour un toit vert non irrigué, la demande moyenne en énergie réduirait de 91 % pour la climatisation et de 27 % pour le chauffage. Passant d'une consommation de 77,71 kWh/m à 48,43 kWh/m, cette économie de 29,28 kWh/m correspond à une diminution de 37,7 % de la quantité d'énergie totale dépensée pour compenser les pertes et les gains thermiques. Pour un toit vert irrigué, la demande moyenne en énergie diminuerait de 99 % pour la climatisation et 38 % pour le chauffage. Atteignant 41,07 kWh/m, il s'agit d'une économie de 36,64 kWh/m ce qui correspond à une diminution de 42 %. Pour une superficie de 99 m² et un prix de 0,08\$/kWh sur 10 ans, cela correspondrait à des économies d'environ 29 000 kWh (2 320\$) pour un toit vert non irrigué et de 36 300 kWh (2 904\$) pour un toit vert irrigué. (Jacquet, 2011) À titre d'exemple du côté de la végétalisation verticale, cette réduction atteindrait 28 % pour un mur végétalisé couvert d'une couche épaisse de lierre (Di et Wang, 1999).

Somme toute, la végétalisation peut, dans une certaine mesure, contribuer à réduire la consommation d'énergie fossile et à générer des économies en améliorant le rendement thermique du bâtiment.

3.2.15 Les ressources humaines

Les ressources humaines (RH) sont essentielles non seulement pour assurer la pérennité d'une organisation, mais aussi pour améliorer la performance sociale, environnementale et économique de celle-ci. Peu importe leur mission ou leur champ d'activité, plusieurs enjeux organisationnels découlent des pressions exercées par la concurrence. Des chercheurs de l'École des sciences de la gestion de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) avancent que les employés sont un grand atout concurrentiel des entreprises. C'est pourquoi elles doivent faire en sorte d'accroître leur capacité d'attraction de la relève et de rétention de la main-d'œuvre qualifiée. À cela s'ajoute l'intégration de pratiques internes plus responsables qui aurait aussi une incidence positive sur la motivation des employés et leur désir de développer leur potentiel. Les initiatives vouées à améliorer le bien-être et l'engagement des employés ainsi que l'image citoyenne de l'entreprise illustrent bien la prise en compte de ces enjeux. (Beaupré, Cloutier, Gendron, Jiménez, Morin, 2008) À titre d'exemple, la CNESST a traité 1 032 dossiers pour des lésions attribuables au stress en milieu de travail en 2017. À cet effet, 919 (89,1 %) d'entre elles étaient attribuables au stress aigu et 112 (10,9 %) au stress chronique (CNESST, 2017). En ce sens, près de 20 % des adultes canadiens rapportent un niveau de détresse psychologique allant de modéré à élevé (Drapeau, 2014). Ceci étant dit, puisque l'absence ou le remplacement d'un employé peut occasionner des coûts et affecter le rendement des ressources humaines. Il devient stratégique de mettre en œuvre des mesures permettant de contrer cette problématique.

Il a été observé précédemment que les stratégies de végétalisation peuvent contribuer à atténuer des problèmes importants en matière de santé publique. Or, elles peuvent aussi contribuer à amélioration de la qualité de vie des employés à l'interne. Plusieurs études ont d'ailleurs révélé que la présence de végétaux en milieu de travail aurait une incidence positive sur le rendement des employés. Les travaux des chercheurs Bringslimark, Patil et Hartig montrent que l'introduction de plantes dans les bureaux aurait des effets bénéfiques, notamment sur le temps d'arrêt maladie et l'absentéisme (Bringslimark, Patil et Hartig, 2008). Par ailleurs, dans une autre étude sur les effets positifs des plantes sur la santé humaine et le confort, il a été observé que sur l'ensemble des employés travaillant en présence de végétaux, 82 % d'entre eux ont autodéclaré qu'ils se sentaient plus à l'aise dans leur bureau (Fjeld, 2000). En ce sens, la plupart des gens estiment intuitivement que les plantes améliorent le milieu de travail. Cela s'explique par le fait qu'elles contribuent à rendre les milieux plus attrayants et plus confortables. Par conséquent, cela augmenterait positivement la perception relative au bien-être individuel (Larsen, Adams, Deal, Kweon et Tyler, 1998). Le professeur de psychologie et de santé organisationnelle, Cary Cooper, et le fondateur de *Terrapin Bright Green*, Bill Browning (2015), ont d'ailleurs publié une vaste enquête sur l'incidence globale du design biophilique sur l'environnement de travail. Portant sur 7 600 employés de différents secteurs à travers 16 pays, les résultats de cette enquête montrent qu'en misant sur le design, les effets biophiliques peuvent avoir une incidence positive sur la motivation et la productivité des employés. Parmi les éléments les plus recherchés dans un environnement de bureau figurent l'éclairage naturel (44 %), les plantes intérieures (20 %) et l'absence de bruit (19 %). En augmentant le contact avec la nature, c'est-à-dire en misant sur la biophilie, une hausse de 15 % du sentiment de bien-être est observée auprès des employés travaillant dans des environnements de bureau dotés d'éléments naturels comme la verdure et l'éclairage naturel. Pour ces mêmes paramètres, 6 % des employés seraient plus productifs et 15 % seraient plus créatifs dans ces conditions. À partir de cette même enquête, soulevons que 88 % des employés de l'entreprise américaine Genzyme ont affirmé qu'avoir une vue ou bénéficier d'un accès direct à des éléments naturels à l'intérieur améliore leur sentiment de bien-être. En raison des effets restaurateurs que procure la nature, le design biophilique laisse entendre que la nature aiderait les employés à mieux gérer leur stress et leur charge de travail quotidienne, à accroître leur désir d'améliorer leur environnement de travail et leur relation avec leurs collègues, puis finalement, à accroître leur sentiment de bonheur et leur motivation au travail. De manière à attirer et à embaucher les meilleurs employés, cette même enquête soulève l'importance de tenir compte du design dans l'environnement de bureau, car cela influencerait la décision d'un individu à travailler ou non pour l'organisation. (Cooper et Browning, 2015)

Tout compte fait, la végétalisation du bâtiment figure parmi les moyens permettant d'améliorer l'environnement de travail des employés. En augmentant leur contact avec la nature, il a été observé que les employés sont susceptibles d'être plus heureux, motivés, productifs et ouverts à la collaboration.

4. ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018

De manière à rapporter les perceptions de gestionnaires à l'égard de la végétalisation du bâtiment, notamment dans la prise en compte d'enjeux par cette phytotechnologie, des entrevues semi-dirigées ont été réalisées. Cette section traite donc de la méthodologie utilisée et des principaux constats dégagés.

4.1 Méthodologie : Enquête sur le terrain

Rappelons que le but de ce segment de l'étude est de rapporter les perceptions d'organisations ayant opté pour un ou des projets de végétalisation du bâtiment entre 2003 et 2017, notamment en s'intéressant aux motivations, aux préoccupations et à leur satisfaction à l'égard de cette phytotechnologie. Pour élargir la collecte d'information, les limites de la végétalisation du bâtiment au Québec sont aussi abordées.

4.1.1 Technique de recherche

Pour y parvenir, l'entrevue de recherche semi-dirigée de type individuel est la technique d'investigation directe sélectionnée pour l'enquête. Figurant en annexe 15, un questionnaire et un exercice en ligne à l'intention des répondants ont été créés. Plusieurs motifs justifient le choix de l'entrevue semi-dirigée. Tout d'abord, en formulant des questions ouvertes cela évite de contraindre le répondant puisqu'il est invité à élaborer librement sa réponse. Miser sur des questions ouvertes ne contraint pas le répondant dans l'élaboration de sa réponse puisqu'il n'a pas à choisir parmi des choix de réponses prédéterminés. Celui-ci peut sélectionner les renseignements qu'ils désirent partager. Lorsqu'une réponse requiert des éclaircissements, il est possible pour l'intervieweur de formuler une question de relance pour obtenir des précisions. La flexibilité de l'approche et les réponses nuancées constituent un atout, car elle permet au répondant de bien décrire son expérience. Finalement, l'approche est appropriée puisqu'elle facilite les échanges bidirectionnels entre l'intervieweur et le répondant. (Angers, 2009)

Pour ce qui est de l'exercice en ligne réalisé à la fin de l'entrevue, les enjeux abordés dans la revue de littérature ont été énumérés à l'intérieur d'un sondage accessible en ligne à l'aide de l'outil *Survey Monkey*. Étant des questions fermées à choix multiples, le répondant devait effectuer des choix parmi les réponses fournies. D'abord, celui-ci devait identifier cinq enjeux de DD auxquels il croit que la végétalisation du bâtiment contribue le plus. Le but de cette question est d'identifier les enjeux qui semblent le plus contribuer aux yeux des répondants. Établir une limite de cinq réponses par répondant est nécessaire non seulement pour identifier plus facilement les tendances, mais aussi pour éviter qu'ils cochent toutes les réponses. Restreindre le nombre de choix oblige le répondant à hiérarchiser les enjeux ce qui vient accroître la valeur des résultats obtenus. Le répondant devait ensuite identifier les enjeux auxquels il a le sentiment de peu connaître. Le but de cette question est d'identifier les enjeux qui semblent moins connus des gestionnaires. Aucune limite de réponses n'a été fixée pour cette question.

En termes d'échantillonnage, un minimum de cinq et un maximum de dix organisations a été fixé. Le tri expertisé et le tri boule de neige sont les deux procédés non probabilistes utilisés dans le processus de sélection des organisations correspondant aux critères de recherche (Angers, 2009). Pour le premier procédé d'échantillonnage, des choix ont été proposés par des contacts susceptibles de donner des renseignements sur des organisations composant la population. Par exemple, les premières organisations approchées ont été suggérées par le fabricant Soprema et l'installateur La ligne Verte. Pour le deuxième procédé, les choix ont été faits à l'aide des participants à l'enquête. Ces deux procédés sont motivés par le fait que la végétalisation du bâtiment est une technologie en émergence. L'état des lieux effectué au début de ce travail en témoigne. De plus, l'intégration de cette phytotechnologie repose sur des décisions qui sont généralement prises par les membres de la haute direction. Pouvant être des gestionnaires difficilement accessibles, miser sur les différents contacts pouvait faciliter l'approche et conséquemment, accroître le taux de réponse. De plus, les organisations affichant fièrement et publiquement qu'elles possèdent cette phytotechnologie ont été privilégiées, car elles sont plus susceptibles de répondre favorablement à la demande d'entrevue. Dans la sélection des organisations, l'important était que l'organisation respecte les critères d'admissibilité à l'étude, soit d'être une entreprise, une institution ou un OBNL possédant une toiture ou un mur végétalisé intérieur ou extérieur construit entre 2003 et 2017 dans de la province du Québec. Avant de faire l'entrevue, il était important que le gestionnaire puisse représenter l'organisation et répondre en toute conformité aux questions. C'est pourquoi un formulaire de consentement libre et éclairé a été élaboré. Celui-ci devait être rempli avant l'entrevue (voir annexe 16).

4.1.2 Déroulement

Les invitations ont été envoyées par courriel et les relances ont été effectuées par téléphone. En absence de réponse à l'intérieur d'un délai raisonnable, la participation de l'organisation était exclue. Les entrevues semi-dirigées ont été réalisées par téléphone. Une fois l'entrevue complétée, le questionnaire a été révisé et ajusté de manière à bien compléter les portions de texte manquantes. Dans la préparation des données en prévision de l'analyse, les idées maîtresses ont été recensées et regroupées en fonction de chacune des questions. Les réponses ayant un sens similaire ont été normalisées de manière à éviter les doublons et faciliter l'interprétation. Cette catégorisation a été effectuée avec prudence afin de conserver la signification de la réponse. Les résultats ont ensuite été regroupés par concept à l'aide de *Survey Monkey*. Par exemple, les réponses révélant les craintes liées à l'étanchéité et à la capacité structurelle du bâtiment ont été regroupées sous la catégorie « défis liés à la conception/construction ». Cela permet de mieux synthétiser l'information par question. L'outil *Survey Monkey* est approprié puisque ses fonctionnalités permettent de préparer, filtrer, comparer et afficher efficacement les résultats.

4.1.3 Limites

La méthodologie comprend certaines limites, notamment en ce qui a trait à la technique d'entrevue, l'exercice sur les enjeux et l'échantillonnage.

L'entrevue semi-dirigée comporte certaines limites comme les risques de subjectivité de l'intervieweur et de réticence du répondant. Étant un être humain, l'intervieweur est susceptible d'interpréter de manière subjective les propos ou de porter des jugements à l'égard du répondant. Il est possible que les propos rapportés ne soient pas entièrement représentatifs de la réalité. La méconnaissance du sujet pour le répondant peut aussi générer des réflexes de défense et/ou fausser les résultats. Dans certains cas, le répondant éprouve des difficultés à répondre à la question ou avoir l'impression de ne pas connaître assez le sujet. Les questions ont été formulées de manière simple et concise pour éviter ces situations.

À propos de l'exercice, la principale limite est à la question sur la prise en compte des enjeux, car les choix de réponse sont explicites sans distinguer les différentes formes de végétalisation du bâtiment alors qu'il s'agit de systèmes pouvant s'intégrer dans des contextes différents. Les gestionnaires possédant à la fois une toiture et un mur végétalisé étaient désavantagés, car ils devaient effectuer l'exercice en répondant qu'une seule fois à la question malgré la multitude d'impacts pouvant être considérés. Il a été décidé de conserver la forme générale de la question et le côté restrictif de la réponse afin de rester cohérent avec l'objectif général de l'étude, soit de considérer l'ensemble des impacts de la végétalisation du bâtiment en fonction d'un contexte général. Dans ces conditions, il est impossible de départager comment la réponse obtenue s'attribue à un ou l'autre des formes de végétalisation du bâtiment.

L'échantillonnage comporte aussi certaines limites importantes à soulever. En effet, l'échantillon constitué d'entreprises privées, d'institutions et d'organismes à but non lucratif se veut représentatif de la diversité de types d'organisations ayant implanté cette phytotechnologie. Les constats sont donc généraux sans tenir compte des contextes spécifiques à chacune de ces organisations. Ayant des missions différentes, il est possible que les constats dégagés ne soient pas nécessairement représentatifs d'un secteur d'activité spécifique. À titre d'exemple, la prise en compte des institutions ne fait aucune distinction entre les municipalités et les établissements d'enseignement. Par ailleurs, le fait qu'un OBNL se consacre à l'agriculture urbaine ne veut pas dire que l'ensemble des OBNL possédant une toiture végétalisée s'y intéresse. Encore une fois, il faut interpréter les résultats avec prudence afin d'éviter de présupposer certains éléments. L'hétérogénéité des organisations composant l'échantillon amène aussi un manque de comparabilité entre les réponses pour la majorité des questions. Le nombre d'impondérables élevé, car chacun des répondants était libre d'apporter sa propre réponse. Finalement, quelques répondants ne pouvaient répondre à certaines questions puisqu'ils n'avaient pas l'autorité ou accès à l'information.

4.2 Résultats : Enquête sur le terrain

Cette section traite des résultats de l'enquête sur les perceptions des gestionnaires à propos de la végétalisation du bâtiment. Pour éviter d'alourdir le texte, seuls les résultats les plus marquants statistiquement et significativement en termes de récurrences pour répondre à l'objectif de recherche sont abordés sous forme de tableaux. Pour le reste, l'intégralité des résultats obtenus figure à l'annexe 17.

4.2.1 Portrait des organisations

Huit gestionnaires provenant de sept organisations différentes ont pris part à l'enquête. Parmi les organisations participantes, cinq se trouvent dans la CMM alors que les deux autres se trouvent à Lévis et à Saint-Hyacinthe. Totalisant 33 projets de végétalisation du bâtiment, cela comprend 21 projets de toitures végétalisées et 12 projets de murs végétalisés. Tel qu'illustré au tableau 4.1, trois entreprises privées, deux OBNL et deux organisations à vocation institutionnelle composent l'échantillon.

Tableau 4.1 Organisations ayant participé à l'enquête sur les perceptions des gestionnaires à l'égard de la végétalisation du bâtiment en 2018

Organisation	Vocation	Localisation (région)	Nombre de projets
Mouvement des caisses Desjardins	Entreprise privée	Ville de Lévis (CMQ)	1 mur végétalisé
SSQ assurance	Entreprise privée	Ville de Longueuil (CMM)	1 toit végétalisé
IGA extra Marché Duchemin et Frères inc. (Sobeys)	Entreprise privée	Ville de Montréal (CMM)	1 toit végétalisé
Santropol Roulant	OBNL	Ville de Montréal (CMM)	1 toit végétalisé
Maison du développement durable (MDD)	OBNL	Ville de Montréal (CMM)	1 toit végétalisé 1 mur végétalisé
Institut de technologie agroalimentaire (ITA)	Institutionnelle (enseignement)	Saint-Hyacinthe (Monterégie)	2 toits végétalisés 10 murs végétalisés
Ville de Montréal	Institutionnelle (municipalité)	Ville de Montréal (CMM)	15 toits végétalisés

En bref, le Mouvement des caisses Desjardins possède un mur végétalisé intérieur dans l'un de ses bâtiments administratifs à Lévis. SSQ assurance possède une toiture-terrasse végétalisée sur son édifice de la Place Charles-Le Moyne à Longueuil. Le supermarché IGA extra Marché Duchemin et Frères inc. est locataire d'un immeuble comportant un toit potager à Montréal. Le marchand exploite le système. Ensuite, l'OBNL le Santropol Roulant possède également un toit potager sur son bâtiment principal à Montréal. La Maison du développement durable (MDD) possède quant à elle une toiture végétalisée ainsi qu'un mur végétalisé intérieur dans son bâtiment au centre-ville de Montréal. L'institut de technologie agroalimentaire (ITA) possède deux toitures végétalisées, trois murs végétalisés extérieurs ainsi que sept murs végétalisés intérieurs à travers ses bâtiments à Saint-Hyacinthe. Finalement, la Ville de Montréal possède une quinzaine de toitures végétalisées sur ses bâtiments municipaux à travers son territoire.

4.2.2 Synthèse des réponses obtenues aux questions ouvertes et à l'exercice

Cinq questions ouvertes ont été formulées pour cerner les motivations et les préoccupations en début de projet, les défis de la végétalisation pendant le projet, les retombées et la satisfaction des organisations après le projet et finalement, les limites de la végétalisation du bâtiment au Québec.

Pour commencer, 27 résultats ont été recensés à la question; « pourquoi avoir réalisé un projet de végétalisation du bâtiment? ». Figurant dans le tableau 4.2, dix réponses demeurent significatives en termes de récurrence. Les deux principales motivations sont de répondre à la mission et/ou aux valeurs de l'organisation et de créer un milieu de vie attrayant et agréable pour les individus.

Tableau 4.2 Résultats à la question : Pourquoi avoir réalisé un projet de végétalisation du bâtiment?

Pourquoi avoir réalisé un projet de végétalisation du bâtiment?	Nombre de réponses
Répondre à la mission et/ou aux valeurs de l'organisation	5
Créer un milieu de vie attrayant et agréable pour les individus de sorte à accroître l'attractivité de l'organisation	5
Obtenir des crédits pour une certification de bâtiment durable comme LEED® et BOMA best	4
Exploiter et/ou transformer une surface inutilisée	3
Expérimenter et/ou apprendre sur cette technologie en soutenant des entreprises dans le dév. de leur expertise	3
Démontrer les avantages de cette technologie en donnant l'exemple	3
Améliorer la santé, le mieux-être et le confort des individus	3
Produire localement des aliments en pratiquant l'agriculture urbaine	3
Bénéficier des propriétés visuelles pour embellir le milieu de vie	3
Bénéficier des fonctions environnementales comme lutter contre les ICU, contribuer à la rétention des eaux pluviales, supporter la pollinisation et augmenter la biodiversité	3

21 résultats ont été recueillis à la question ; « quelles ont été vos craintes en début de projet? ». Tel qu'illustré dans le tableau 4.3, six réponses méritent d'être soulevées. Les craintes qui ont été le plus souvent mentionnées sont attribuables aux défis techniques liés à la conception et à la construction ainsi que celles attribuables aux défis financiers. Deux gestionnaires ont affirmé n'avoir eu aucune crainte.

Tableau 4.3 Résultats à la question : Quelles ont été vos craintes en début de projet?

Quelles ont été vos craintes en début de projet?	Nombre de réponses
Les défis techniques liés à la conception et à la construction (ex. l'espace et le dégagement, l'étanchéité, l'enveloppe du bâtiment, la capacité structurelle, le drainage, l'irrigation, la luminosité, etc.)	5
Les défis financiers (ex. les coûts de construction, les coûts d'entretien, les coûts d'opération, le dépassement de budget, le rendement, etc.)	4
Défis techniques liés à l'exploitation du système (ex. les besoins en entretien, les besoins en humidité et l'apport microbien, etc.)	2
Défis techniques liés à un dysfonctionnement du système (ex. les bris d'équipement, les fuites, la mortalité des végétaux et la prolifération d'insectes nuisibles, etc.)	2
Respecter les exigences réglementaires (dans le cas d'une toiture végétale)	2
Aucune crainte puisqu'il s'agit d'une technologie maîtrisée	2

20 résultats ont été recensés à la question ; « quels ont été les principaux défis pendant l'exécution du projet? ». Présentés dans le tableau 4.3, les défis les plus récurrents sont liés au manque d'informations en matière de conception, à la complexité du projet ainsi qu'à une mauvaise conception du bâtiment.

Tableau 4.4 Résultats à la question : Quels ont été les principaux défis pendant l'exécution du projet?

Quels ont été les principaux défis pendant l'exécution du projet?	Nombre de réponses
Les défis liés au manque d'informations en matière de conception (ex. conditions techniques à respecter)	3
Les défis liés à la complexité du projet (ex. la nécessité d'assurer une coordination structurée, de mettre en œuvre le projet dans le temps en fonction du climat, de l'évolution du chantier et pression exercées pendant les travaux, etc.)	3
Les défis rencontrés en raison d'une mauvaise conception du bâtiment (ex. la nécessité de renforcer la structure du bâtiment, des problèmes d'humidité excessive à l'intérieur du bâtiment et l'amélioration des systèmes CVAC)	3
Les défis liés au processus de conception intégrée (ex. travailler en équipe de travail pluridisciplinaire)	2
Le manque d'expertise diversifiée pour l'entretien et le choix des végétaux incluant le manque de connaissances et d'expertise horticole	2
Les défis occasionnés par un dysfonctionnement du système (ex. mauvaise installation, mortalité des végétaux, prolifération d'insectes nuisibles, etc.)	2

28 résultats ont été dénombrés à la question « quelles ont été les retombées de votre projet? ». Présentés dans le tableau 4.5, neuf résultats méritent d'être soulevés. Les retombées les plus récurrentes sont que la végétalisation s'avère bénéfique en matière d'éducation et/ou de sensibilisation auprès du grand public, qu'elle permet de projeter une image positive et qu'elle contribue à accroître l'attractivité de l'organisation.

Tableau 4.5 Résultats à la question : Quelles ont été les retombées de votre projet?

Quelles ont été les retombées de votre projet?	Nombre de réponses
Les bénéfices bénéfiques en matière d'éducation et/ou de sensibilisation auprès du grand public	4
Permet de projeter une image positive de l'organisation	4
Contribue à accroître l'attractivité de l'organisation	4
Contribue à résoudre des problèmes environnementaux (ex. la réduction des ICU, l'optimisation de la gestion des eaux pluviales, le soutien la pollinisation, l'augmentation de la biodiversité, etc.)	3
Permet de produire efficacement et localement des aliments	3
Renforce le sentiment d'appartenance des employés et d'autres parties prenantes (ex. la communauté, les clients, les partenaires, etc.)	3
Contribue à l'obtention de certifications et/ou autres formes de reconnaissance comme LEED® et BOMA best	3
Deviens un lieu propice aux rassemblements entre collègues en favorisant les interactions sociales	3
Deviens un lieu propice à la détente en assurant le bien-être et le confort des employés	3

23 résultats ont été collectés à la question « referiez-vous à nouveau un projet de végétalisation du bâtiment? ». Figurant dans le tableau 4.6, trois réponses méritent d'être soulevées. À l'exception de deux organisations, toutes les autres ont affirmé vouloir refaire un projet végétalisation du bâtiment. Plus de la moitié des répondants ont précisé que leur projet est synonyme de fierté. Certaines ont également affirmé que le projet était essentiel pour répondre à la mission et/ou aux valeurs de l'organisation.

Tableau 4.6 Résultats à la question : Referiez-vous à nouveau un projet de végétalisation du bâtiment?

Referiez-vous à nouveau un projet de végétalisation du bâtiment (pourquoi)?	Nombre de réponses
Oui, le projet est synonyme de fierté (nous sommes fières de notre projet)	5
Oui, c'est essentiel pour répondre à notre mission et/ou respecter nos valeurs	4
Non, c'est beaucoup de travail (nous avons d'autres projets de verdissement)	1
Non, c'est impossible sans une volonté politique ou de la haute direction (nécessite des engagements)	1

17 résultats ont été collectés à la question; « quelles sont les principales limites de la végétalisation du bâtiment au Québec autant pour les installations intérieures qu'extérieures? ». Présentés dans le tableau 4.7, quatre résultats méritent d'être soulevés en raison de leur récurrence. La principale limite révélée est liée aux coûts de construction et/ou d'entretien du système dans un souci de rentabilité.

Tableau 4.7 Résultats à la question : Quelles sont les principales limites de la végétalisation du bâtiment au Québec autant pour les installations intérieures qu'extérieures?

Quelles sont les principales limites de la végétalisation du bâtiment au Québec autant pour les installations intérieures qu'extérieures?	Nombre de réponses
Les coûts de construction et/ou d'entretien du système (souci de rentabilité)	4
Les facteurs climatiques comme la température et le cycle gel-dégel avec l'hiver	3
L'incapacité structurelle des bâtiments composant le parc immobilier existant	3
Les craintes à l'égard de certains aspects en matière de sécurité civile (ex. prévention contre les incendies)	3

Relativement à l'exercice, deux questions ont été formulées d'abord pour identifier les enjeux en DD auxquels la végétalisation semble le plus contribuer aux yeux des répondants et ensuite, pour identifier les enjeux auxquels les répondants ont le sentiment de peu connaître. Les résultats illustrent les enjeux les moins connus des gestionnaires et à l'inverse, ceux auxquels ils se sont le plus approprié.

Figurant dans le tableau 4.8, les résultats obtenus montrent que enjeux de DD auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus aux yeux des gestionnaires se rapportent principalement aux ICU, à l'utilisation de l'espace urbain, à l'éducation, à la santé et mieux-être, à l'embellissement et création de valeur et finalement, à la biodiversité et aux SE. À l'inverse, les enjeux liés à la sécurité civile à la gestion des ressources humaines n'ont aucunement été sélectionnés.

Tableau 4.8 Résultats à la question : Identifiez les cinq enjeux de développement durable auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus à votre avis?

Identifiez les cinq enjeux de développement durable auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus à votre avis?	Nombre de réponses
Îlots de chaleur urbain (ICU)	5
Utilisation de l'espace urbain	5
Santé et mieux-être	4
Éducation	4
Biodiversité et service écosystémiques (SE)	3
Embellissement et création de valeur	3

Présentés dans le tableau 4.9, les résultats obtenus montrent que les principaux enjeux de DD touchés par végétalisation du bâtiment auxquels les gestionnaires ont le sentiment de peu connaître se rapportent principalement à la sécurité civile ainsi qu'à la gestion des ressources humaines. D'autres enjeux comme ceux liés au confort thermique intérieur et à l'efficacité énergétique, à la durabilité des matériaux ainsi qu'à la pollution sonore ont aussi été sélectionnés. Deux répondants ont répondu « aucune de ces réponses ».

Tableau 4.9 Résultats à la question : Parmi les enjeux de développement durable touchés par la végétalisation du bâtiment, lesquels avez-vous le sentiment de peu connaître?

Parmi les enjeux de développement durable touchés par la végétalisation du bâtiment, lesquels avez-vous le sentiment de peu connaître	Nombre de réponses
Sécurité civile	5
Gestion des ressources humaines	4
Confort thermique intérieur et efficacité énergétique	2
Durabilité des matériaux	2
Pollution sonore	2
Aucune de ces réponses	2

Les renseignements recueillis montrent que les enjeux n'ayant pas été sélectionnés sont ceux auxquels la végétalisation contribue le plus aux yeux des gestionnaires. À l'inverse, les enjeux se rapportant à la sécurité civile et à la gestion des ressources humaines n'ont pas été sélectionnés à la question précédente. Il semble donc y avoir une corrélation entre le sentiment de connaissance des gestionnaires et leur perception en termes d'apport dans la prise en compte d'enjeux par cette phytotechnologie.

5. ANALYSE DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT COMME SOLUTION DURABLE

Rappelons que l'objectif général de recherche est de cerner l'impact de la végétalisation du bâtiment comme solution durable pour les organisations. Le but de cette analyse est donc de répondre à cet objectif en s'appuyant sur des bases méthodologiques bien précises. La méthodologie utilisée, l'interprétation des résultats et les principaux constats effectués composent ce segment du travail.

5.1 Méthodologie : Analyse de la végétalisation du bâtiment comme solution durable

Les informations recueillies dans la revue de littérature et lors des entrevues semi-dirigées sur le terrain sont les données utilisées. Un outil d'analyse Excel a également été créé afin de faciliter l'analyse qualitative du sujet. Pour y parvenir, les fondements de la méthodologie reposent sur la définition de la notion de « solution durable » ainsi que le choix du cadre de référence pour effectuer l'analyse.

5.1.1 Définition des principaux concepts

Le fil conducteur de ce travail d'analyse repose sur la notion de solution durable pour les organisations. C'est pourquoi il est essentiel de caractériser les mots « solution », « durable » et « organisation ».

Selon le dictionnaire Usito (s. d.), le mot « solution » réfère à l'ensemble des décisions et des moyens utilisés pour corriger un problème concret ou surmonter une difficulté. Il s'agit de l'action vouée à résoudre quelque chose. Autrement dit, la solution correspond au comment, c'est-à-dire la manière ou les moyens utilisés pour y parvenir (Usito, s. d.). Le mot « durable » quant à lui, correspond aux objets, aux actions ou aux activités visant à satisfaire à des principes de respect à long terme de l'environnement physique, social et économique (OQLF, 2010b). Il s'agit donc des moyens découlant d'une volonté humaine à atteindre la durabilité, soit la finalité d'un développement dit durable (OQLF, 2010c). Compte tenu de ce qui précède, une solution durable est donc un moyen fondé sur des intentions à résoudre durablement et systématiquement plusieurs problématiques ou enjeux environnementaux, sociaux et économiques. À propos des organisations, ce sont des « entités juridiquement constituées, à but lucratif ou non, à caractère privé ou public, visant la réalisation d'objectifs déterminés » (BNQ, 2010).

Dans ces conditions, l'analyse s'effectue en considérant les impacts de la végétalisation du bâtiment à tous les niveaux. En plus de nécessiter une vision globale et systémique structurée, l'approche requière autant la prise en compte des enjeux sociétaux qu'organisationnels.

5.1.2 Choix du cadre d'analyse

Pour effectuer ce travail d'analyse, il faut choisir un cadre de référence se rapprochant le plus possible des pratiques organisationnelles et permettant de traiter du sujet dans sa globalité. Pour ces raisons, les dispositions de la *Loi sur le développement durable* (LDD) constituent le cadre d'analyse sélectionné. Pour alléger la lecture, le diminutif LDD est utilisé.

Bien qu'il vise l'administration publique québécoise, ce cadre de référence a été choisi puisque s'arrime aux pratiques organisationnelles et repose sur une vision systémique du développement durable. Étant en vigueur et connu depuis une dizaine d'années au Québec, il coïncide avec le périmètre spatiotemporel de l'étude. De plus, il permet de considérer de manière globale l'ensemble des enjeux en lien avec le sujet ce qui facilitera l'atteinte de l'objectif de recherche. La LDD vise d'ailleurs à :

[susciter] le virage nécessaire au sein de la société à l'égard des modes de développement non viable, en intégrant davantage la recherche d'un développement durable, à tous les niveaux et dans toutes les sphères d'intervention, dans les politiques, les programmes et les actions [...] (*Loi sur le développement durable*).

À la lumière de ce qui précède, les pratiques organisationnelles doivent s'appuyer sur des stratégies de DD et s'exécuter en respectant 16 grands principes, soit ceux figurant dans la Loi. Ces principes sont les critères d'analyses utilisés pour déterminer si la végétalisation du bâtiment apparaît ou non comme une solution durable. À quelques reprises, de légères modifications ont été nécessaires, mais seulement dans l'idée d'adapter la définition au contexte de l'étude. Les ajustements ont été faits de manière à ne pas dénaturer le sens du libellé. Par exemple, le principe « partenariat et coopération intergouvernementale » se réfère davantage aux organisations au lieu des gouvernements. Les principes ont également été regroupés par thématique afin de faciliter le traitement des données et l'interprétation des résultats.

Il faut savoir que l'analyse ne s'inscrit pas dans une logique d'étude de cas. Elle aborde plutôt la végétalisation du bâtiment au sens large sans faire de distinction entre les toitures et les murs. Étant donné que le but est orienté sur la capacité d'intervention des organisations exploitant cette technologie, l'analyse repose donc sur une approche globalisante et systémique permettant de considérer l'ensemble des enjeux et des impacts. L'analyse est effectuée qualitativement en s'appuyant sur les données recueillies dans la revue de littérature et dans les entrevues semi-dirigées.

5.1.3 Création de l'outil d'analyse

Figurant dans les annexes 18 à 21, un outil d'analyse a été créé en s'inspirant de la structure de la boussole bernoise en développement durable. Cet outil d'aide à la décision destiné à évaluer les effets environnementaux, économiques et sociétaux d'un projet est reconnu et largement utilisé par les professionnels en DD. Les critères et les indicateurs sont les principes de la Loi. Par exemple, à l'intérieur de la thématique sociale, le principe « accès au savoir » est le critère alors que la définition « encourage la recherche de manière à stimuler l'innovation et susciter les apprentissages en DD » constitue l'indicateur. Or, cinq niveaux composent l'échelle d'évaluation permettant d'établir si l'indicateur compromet ou favorise le DD. L'indice attribué peut être à la fois positif (+) en encourageant le DD ou négatif (-) en compromettant le DD. À titre indicatif, les valeurs se rapportant aux chiffres 1 correspondent au qualificatif « faiblement » et 2 se rapportent au qualificatif « fortement ». L'attribution « NA », désigne non applicable puisque l'indicateur ne peut pas être analysé en raison d'un manque de données.

De manière à comparer à valeur égale les critères entre eux, aucune pondération n'a été utilisée. Ce faisant, chacun des critères possède deux indicateurs affichant la même valeur sauf pour le critère prévention qui comporte un indicateur par thématique. Pendant l'évaluation, la correspondance du libellé de chaque indicateur est analysée à l'aide du modèle de référence formulé antérieurement. Par exemple, pour le critère « santé et qualité de vie », un indice de 2 voudrait dire que la végétalisation du bâtiment favorise fortement le D, car elle « améliore ou protège la qualité de vie de la population », soit l'indicateur énoncé. La somme de chaque critère est rapportée de manière à obtenir la moyenne par principe et par thématique. Rappelons qu'un indice négatif compromet le DD alors qu'un indice positif favorise le DD.

5.1.4 Limites

L'aspect général de la question et de l'objectif de recherche constitue la principale limite de l'étude. Considérer les impacts de ce moyen technologique à tous les niveaux et se pencher sur l'ensemble des enjeux de manière globale ne permet pas de traiter le sujet en fonction d'un contexte donné. Une étude plus spécifique en fonction du contexte et plus approfondie en fonction d'enjeux bien précis pourrait générer des résultats différents. La nature qualitative de l'analyse est également une limite à soulever. En lien avec l'outil d'analyse, l'utilisation des principes de la LDD constitue une limite, car le respect des principes n'est pas facile à juger. Or, un autre évaluateur analysant le sujet en fonction des mêmes principes pourrait arriver à des conclusions différentes en fonction de son interprétation.

5.2 Interprétation des résultats

Cette section présente les résultats d'analyse effectuée à l'aide des 16 principes de la LDD. Les principes sont préalablement définis de manière à mieux dégager les indicateurs. Chaque sous-section comporte une définition du principe, un récapitulatif des constats effectués dans la collecte d'information et finalement, une synthèse des résultats. L'intégralité des résultats figure dans les annexes 18 à 21.

5.2.1 Santé et qualité de vie

Le principe de santé et de qualité de vie stipule que « les personnes, la protection de leur santé et l'amélioration de leur qualité de vie sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Les personnes ont droit à une vie saine et productive, en harmonie avec la nature » (art. 6, LDD).

Il a été observé que le verdissement contribue à améliorer la qualité de vie des individus. La présence de végétaux peut atténuer des problèmes de pollution susceptibles d'affecter la santé des citoyens. À titre d'exemple, la végétation devient une zone tampon permettant d'atténuer la perception négative associée au bruit. De plus, elle contribuerait à améliorer la qualité de l'air en prélevant certains polluants dans l'air et en substituant de mauvaises odeurs. Allant dans le même sens que la littérature, Desjardins affirme d'ailleurs que son mur végétal intérieur contribue à accroître le confort thermique, la qualité de l'air ainsi que le confort acoustique en modifiant la perception au bruit environnant.

En ce sens, la végétalisation permet d'augmenter le contact des occupants d'un bâtiment avec la nature tout en améliorant la santé, le mieux-être et le confort des individus sur le plan collectif. Les effets biophiliques et les effets restaurateurs que procure la nature à travers le design auraient une incidence positive sur la gestion des ressources humaines. En plus d'accroître l'attractivité de l'organisation, le verdissement du milieu de travail aurait une incidence positive sur la productivité et la rétention du personnel. Plus concrètement, des organisations comme l'ITA, Desjardins et SSQ assurance avancent que l'application de cette technologie permet de créer des lieux propices à la détente permettant d'assurer le bien-être et le confort des employés. Dans la littérature, cela s'explique par le fait que la nature aiderait les employés à mieux gérer leur stress et leur charge de travail quotidienne. La présence de la nature stimulerait également l'ingéniosité et l'imagination. Dans ces conditions, les employés seraient donc plus heureux, plus motivés au travail, plus ouvert à l'amélioration de leur environnement de travail et plus enclin à développer leur relation avec leurs collègues. Dans le cas de SSQ assurance par exemple, les employés utilisent et apprécient de bénéficier de la toiture-terrasse au point où certains d'entre eux ont même demandé à la direction de réaliser d'autres initiatives du genre. La direction a donc planifié d'autres projets de végétalisation du bâtiment pour répondre aux attentes des employés.

Par ailleurs, les renseignements recueillis montrent que cette phytotechnologie contribue à rendre le milieu de vie plus sain à l'échelle d'un territoire. Certains systèmes extérieurs ont la capacité de filtrer les eaux de ruissellement et de réduire les risques de surverse en cas de précipitations abondantes. En plus de contribuer à assainir les eaux usées, ces systèmes ont ainsi la capacité d'améliorer la gestion des eaux pluviales et de réduire les risques liés aux inondations. Ces aménagements vont aussi contribuer à réguler la température et contrer le phénomène d'ICU. Étant un sujet abondant dans la littérature, la majorité des participants à l'enquête considèrent qu'il s'agit d'un enjeu de DD auquel cette phytotechnologie contribue le plus. À cela s'ajoute la santé et le mieux-être qui figure également parmi les réponses les plus récurrentes. Ceci étant dit, en créant des îlots de fraîcheur, ces espaces verts contribuent à réduire le stress thermique ressenti par les populations, cela plus particulièrement auprès des personnes vulnérables. Il s'agit donc d'un moyen présentant des bienfaits en matière de santé publique, notamment puisqu'il a une incidence positive sur les maladies physiques et mentales, les naissances ainsi que les habitudes de vie. Pour les maladies physiques, il a été observé que la présence de végétation réduirait la tension artérielle ainsi que les taux de mortalité associés aux maladies rénales et respiratoires. Pour les maladies mentales, la présence de végétation réduirait le stress chronique et l'anxiété, réduirait l'humeur négative et finalement, aurait une incidence positive sur le rétablissement à la suite d'un stress vécu ou d'un état dépressif. Pour ce qui est des naissances, la littérature montre que la présence de végétation aurait une incidence positive sur le poids des nouveau-nés à la naissance et réduirait la probabilité d'avoir une naissance prématurée. Pour les habitudes de vie, les espaces végétalisés inciteraient des comportements plus fréquents en termes d'activité physique pour toutes les classes socioéconomiques. La littérature montre aussi que le verdissement augmenterait le sentiment de sécurité, mais ne résoudrait pas directement les problèmes liés à la criminalité.

Finalement, il a été observé que certains aménagements peuvent devenir des lieux de production d'aliments frais et locaux contribuant à augmenter la consommation de fruits et légumes des individus. Dans le cas du IGA extra Marché Duchemin et Frères inc., le marchand affirme avoir augmenté son volume de vente de fruits et légumes biologique provenant du toit potager. Ces lieux de production alimentaire peuvent aussi prendre la forme de jardins communautaires. Plusieurs ouvrages scientifiques montrent d'ailleurs que ces aménagements permettent d'intégrer des activités thérapeutiques contribuant à réduire les symptômes de la dépression et de l'anxiété. Certains aménagements peuvent même valoriser l'accomplissement personnel et renforcer l'estime de soi.

D'après de ce qui précède, la végétalisation du bâtiment semble fortement favoriser le DD en répondant aux besoins vitaux des individus ainsi qu'en améliorant leur état de santé et leur qualité de vie. En plus d'accroître le sentiment de sécurité de la population, ces aménagements accroissent la connexion des individus avec la nature. L'amélioration ou le maintien de l'état de santé des individus contribuerait à accroître leur résilience physique et mentale. Par ailleurs, cette phytotechnologie semble fortement soutenir l'adoption d'une vie saine et productive en harmonie avec la nature. Les espaces consacrés à la production alimentaire, à la détente, aux rassemblements, aux loisirs permettent d'accroître la qualité du milieu de vie tout en suscitant de saines habitudes de vie et en augmentant la productivité des individus.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment respecte le principe de santé et de qualité de vie.

5.2.2 Équité et solidarité sociale

Le principe d'équité et de solidarité sociale précise que « les actions de développement doivent être entreprises dans un souci d'équité intra et intergénérationnelle ainsi que d'éthique et de solidarité sociale » (art. 6, LDD).

Les renseignements recueillis montrent que la végétalisation est un moyen pouvant générer des bénéfices sociaux, environnementaux et économiques dans une perspective à long terme. À titre d'exemple, les bénéfices résultants des SE concernent l'ensemble des générations actuelles et futures dans l'amélioration ou/et le maintien de leur bien-être. Or, la végétalisation contribuerait aussi à accroître l'égalité des chances auprès des classes socioéconomiques vulnérables, cela plus particulièrement en solutionnant des problèmes en matière d'éducation et de sécurité alimentaire par exemple. En effet, la végétalisation du bâtiment contribuerait à favoriser la réussite scolaire des jeunes. En milieu scolaire moins attrayant, les végétaux amélioreraient l'esthétisme du bâtiment ce qui par conséquent, améliorerait l'image projetée et renforcerait l'attractivité de l'institution puisque les jeunes apprécieraient davantage leur milieu. L'intégration de végétaux est donc susceptible d'accroître le sentiment d'appartenance des individus vis-à-vis l'institution. Par ailleurs, la littérature montre que verdir l'environnement d'apprentissage permet de créer des dispositions restauratrices de l'attention tout en offrant un potentiel d'activités

pédagogiques constructives, créatives et coopératives. Plus concrètement, certains espaces de l'ITA deviennent des lieux d'études de choix pour les étudiants cherchant à mieux se concentrer et à accroître leur productivité. En ce sens, certaines études montrent que la présence de végétation peut même diminuer la sévérité des symptômes de TDAH.

Par ailleurs, les espaces végétalisés peuvent donner lieu à des projets mobilisateurs susceptibles de renforcer les interactions entre les individus. Les nombreux bienfaits entourant l'intégration de jardins communautaires en témoignent. En plus d'accroître la participation citoyenne, les jardins communautaires permettent d'abaisser l'isolement des individus tout en favorisant l'inclusion sociale. À vrai dire, il a été observé que les jardins communautaires auraient une incidence positive sur la cohésion sociale, sur l'attachement communautaire ainsi que sur le sentiment d'appartenance à l'égard d'un groupe, d'une communauté ou d'une collectivité. Créer des milieux de vie favorables aux échanges interpersonnels augmenterait la socialisation et réduirait le sentiment de solitude des gens. Plus concrètement, des projets de toit potager comme celui du Santropol Roulant à Montréal favorisent la participation citoyenne et intergénérationnelle. En plus d'être synonyme de fierté, cela constitue un excellent moyen de pratiquer l'agriculture urbaine. En augmentant l'offre de produits frais et locaux dans les déserts alimentaires, ces lieux de productions alimentaires figurent donc parmi les solutions afin de résoudre des problèmes d'insécurité alimentaire. Ainsi, la fonction sociale des jardins communautaires permet non seulement de créer des lieux d'interactions entre les individus, mais aussi de réduire les écarts en termes de proximité et d'accessibilités des aliments.

En ce sens, les renseignements recueillis dans l'enquête montrent que plusieurs organisations estiment que la végétalisation permet de créer des lieux propices aux rassemblements entre collègues ce qui favorise les interactions sociales. Ce type de projet renforcerait le sentiment d'appartenance des employés ainsi que d'autres parties prenantes à l'égard de l'organisation. À l'évidence, l'embellissement et la mise en valeur du bâtiment sont susceptibles d'accroître le sentiment de fierté des individus à l'égard du milieu de vie. Elle semble donc être un choix logique afin de favoriser l'égalité des chances et la solidarité sociale. Néanmoins, l'application de cette phytotechnologie est un choix dispendieux comparativement aux autres solutions ou revêtements offerts sur le marché. Les coûts relatifs à l'achat et à l'entretien montrent que cette technologie semble surtout accessible aux organisations en bonne posture financière. Le manque d'abordabilité apparaît donc comme un frein en matière d'équité puisqu'elle peut décourager certaines organisations à intégrer cette technologie faute de budget. Or, certains cas de figure montrent qu'il existe des avenues permettant de remédier à ce problème. En répondant à l'enquête, l'OBNL le Santropol Roulant a d'ailleurs mentionné que le manque d'abordabilité ne constituait pas un frein, car il pouvait facilement être compensé par le soutien financier provenant de fondations ou d'entreprises cherchant à soutenir une cause. La collaboration semble donc être la solution pour accroître l'équité en termes d'accessibilité économique.

À la lumière de ce qui précède, plusieurs constats intéressants méritent d'être soulevés. Bien que cette phytotechnologie ne soit pas autant accessible économiquement pour l'ensemble des organisations, il est tout même possible d'obtenir un soutien financier corporatif pour en bénéficier. C'est pourquoi cet aspect ne semble pas compromettre le DD dans l'atteinte d'une équité intra et intergénérationnelle. Inversement, les renseignements analysés montrent que l'application de cette technologie semble fortement renforcer ou soutenir l'équité intra et intergénérationnelle. En plus de contribuer à accroître l'égalité des chances, elle contribuerait à réduire les écarts entre les classes sociales, notamment en créant une richesse collective en matière de prévention de la santé, de valorisation de l'éducation, de lutte contre l'insécurité alimentaire, de bienfaits en termes de SE rendus, de mise en valeur du patrimoine immobilier, de participation citoyenne et de collaboration entre les individus. D'un point de vue éthique, cette technologie ne semble pas compromettre le respect des droits fondamentaux de la personne. Certains projets comme celui du Santropol Roulant vont même favoriser la liberté de réunion et promouvoir la sauvegarde de la dignité en permettant aux individus de s'épanouir en tant qu'individus appartenant à un groupe. Or, la plupart des aménagements ne semblent pas accessibles à l'ensemble de la population, voire même aux occupants du bâtiment. Bien qu'il soit nécessaire de garantir un accès sécuritaire au site pour assurer l'entretien du système et contrôler les risques d'incendie, les renseignements analysés montrent qu'il n'est pas évident de rendre l'espace accessible au grand public. Finalement, il est difficile d'établir si cette technologie renforce ou encourage des modes de penser ou des comportements éthiques, car cela varie en fonction de la gouvernance de chaque organisation. Toutefois, il est évident qu'elle constitue un excellent moyen afin de renforcer la solidarité sociale entre les individus sauf si le site est inaccessible. Pour toutes ces raisons, la végétalisation du bâtiment ne semble pas avoir d'incidence sur l'éthique, mais peut fortement renforcer la solidarité sociale dans la mesure où le projet est accessible aux individus. Un espace végétalisé inaccessible aux individus compromettrait faiblement l'atteinte de ce principe.

L'analyse montre que la végétalisation respecte le principe d'équité et solidarité sociale, mais dans la mesure où elle devient plus accessible économiquement et que l'espace soit accessible aux individus.

5.2.3 Protection de l'environnement

Ce principe précise que « pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement » (art. 6, LDD).

Il faut rappeler que la végétalisation est part intégrante du bâtiment et repose sur un ensemble de techniques vouées à former un système quasi symbiotique entre les plantes vivantes, le bâtiment et l'humain. Le système doit être conçu de manière à soutenir le développement d'espèces végétales. Cherchant aussi à intégrer la nature à travers le design et le développement du milieu bâti, la raison d'être de cette phytotechnologie semble être en cohérence avec la protection de l'environnement. De plus, ce moyen augmente les surfaces végétalisées ainsi que les surfaces perméables. En atténuant les effets

négatifs de certains polluants atmosphériques, hydriques et sonores, ce moyen contribue ainsi à réduire la pression exercée par le bâtiment sur l'environnement. Ce moyen permet aussi de réduire le stress thermique ressenti par les espèces végétales et animales puisqu'il contribue à réguler la température en période estivale. Ce faisant, en plus de lutter contre les ICU, la végétalisation permet d'optimiser la gestion des eaux pluviales et de compenser d'une certaine manière la perte de biodiversité occasionnée par la construction du bâtiment. Plus concrètement, l'enquête a révélé qu'en termes de retombées positives, plusieurs organisations ont le sentiment que leur projet végétalisation contribue à résoudre les problèmes environnementaux mentionnés précédemment. En regard aux CC, cette phytotechnologie contribuerait à soutenir la biodiversité urbaine de sorte à rendre les écosystèmes plus résilients. Ce moyen permet aussi d'optimiser l'utilisation de l'espace urbain souvent sous-exploité. Lorsque l'espace n'est plus disponible au niveau du sol, il est possible d'intégrer à nouveau la nature en verdissant les murs à la verticale et les toitures à l'horizontale. Enfin, ces aménagements deviennent des véhicules de sensibilisation et de conscientisation à l'égard d'enjeux environnementaux. Mieux comprendre ces enjeux peut influencer positivement les individus sur l'importance de protéger leur environnement. Dans l'enquête, plusieurs organisations ont d'ailleurs révélé que leur projet s'avérait bénéfique en matière d'éducation et/ou de sensibilisation auprès du grand public.

Compte tenu de ce qui précède, la végétalisation du bâtiment semble fortement favoriser le DD, car il s'agit d'un moyen nécessitant l'intégration de la nature dans la manière de concevoir et d'opérationnaliser le bâtiment. En remplaçant les surfaces inorganiques par des surfaces organiques composées de végétaux vivants, ce moyen contribue à accroître la protection de l'environnement, notamment en ce qui a trait à l'utilisation des sols, ainsi qu'à la qualité de l'eau et de l'air. Par ailleurs, cette phytotechnologie nécessite que l'environnement soit part intégrante du processus de développement du bâtiment pour garantir la viabilité du système et par le fait même, des végétaux.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment respecte le principe de protection de l'environnement.

5.2.4 Efficacité économique

Le principe d'efficacité économique spécifie que « l'économie du Québec et de ses régions doit être performante, porteuse d'innovation et d'une prospérité économique favorable au progrès social et respectueuse de l'environnement » (art. 6, LDD).

Il a été observé que la végétalisation du bâtiment permet d'accroître la connexion des individus avec la nature contribuant ainsi à accroître la qualité du milieu de vie et à stimuler la création de valeur. D'abord, les informations recueillies dans la littérature montrent que les surfaces végétalisées peuvent contribuer à accroître la durée de vie des matériaux ce qui dans les faits, permet de reporter la fréquence et les coûts de réfection. Décider d'intégrer cette phytotechnologie peut également générer une augmentation de la

valeur de la propriété et augmenter les revenus fonciers de la municipalité. Verdir le milieu de vie contribuerait à revaloriser et à revitaliser le milieu de vie. Cela s'explique par le fait que les surfaces végétalisées peuvent créer de la valeur en rendant le projet plus attrayant ou plus adapté en fonction des besoins de la demande. En misant sur la qualité du milieu de vie ainsi que sur les bienfaits en termes de confort et de connexion avec la nature, cela permet ainsi aux propriétaires de se distinguer de la concurrence tout en bonifiant son offre aux acheteurs éventuels. À l'échelle d'un quartier ou d'une organisation, l'intégration de végétaux sur les bâtiments peut renforcer certains aspects identitaires en véhiculant des valeurs écoresponsables par exemple. Il a été observé que certains acheteurs seraient même prêts à payer plus cher pour bénéficier de cette valeur ajoutée. L'ensemble de ces éléments montre que l'application de cette technologie est donc susceptible d'accroître la valeur du bâtiment. Ainsi, la végétalisation du bâtiment apparaît comme un moyen rentable dans la mesure où elle génère des économies ou devient synonyme de création de valeur pour l'organisation.

Plus concrètement, des organisations comme la Ville de Montréal, Desjardins, SSQ assurance et IGA ont affirmé dans l'enquête que leur projet de végétalisation du bâtiment s'imbriquait et/ou contribuait à l'obtention de certifications comme LEED® et/ou BOMA best. Puisque ce type de reconnaissances vise à reconnaître les efforts au niveau de la conception, de la construction et de l'exploitation afin de contribuer à rendre le bâtiment plus durable, cela augmente la valeur du bâtiment. Par ailleurs, il a été observé que la végétalisation permet d'exploiter des espaces verticaux ou horizontaux sous-utilisés de sorte à générer des économies ou à créer de la valeur au bâtiment. Les gains en termes d'efficacité énergétique dus à l'humidification et au rendement thermique illustrent bien les économies relatives à l'opérationnalisation.

D'autres gains intéressants en termes de création de valeur méritent d'être soulevés. À cet effet, plus de la moitié des organisations ayant participé à l'enquête estiment que la végétalisation contribue à accroître leur attractivité. En plus de bénéficier de retombées médiatiques positives, des projets comme ceux de Desjardins, de la Ville de Montréal, du Santropol Roulant et du IGA extra Marché Duchemin et Frères inc. ont permis de projeter une image positive exposant la qualité de leurs pratiques organisationnelles. Plus particulièrement dans le cas de Desjardins, l'organisation avance également que l'intégration d'un mur végétalisé intérieur a été un choix logique en termes d'investissement et rentable en raison des nombreux bienfaits qu'il procure aux employés. Or, il s'agit donc d'un moyen novateur permettant non seulement de bonifier l'environnement de travail, mais aussi d'attirer, d'embaucher et de conserver les meilleurs employés. Bien que les attentes puissent varier d'un individu à l'autre, il est possible que cela influence certains individus dans leur décision de travailler ou non pour l'organisation. Ces cas de figure montrent qu'en offrant un environnement de travail de qualité, la direction fait valoir qu'elle désire répondre aux besoins et assurer le bien-être des employés.

En ce sens, il a été observé dans la littérature que les effets biophiliques que procure la nature auraient une incidence positive sur le bonheur, la motivation, la productivité et la créativité des employés. En

termes de création de valeur, les effets restaurateurs que procure la nature aideraient les employés dans leur gestion du stress et de leur charge de travail. Cette connexion avec la nature augmenterait même leur désir d'améliorer leur environnement de travail et leur relation avec leurs collègues. Ceci étant dit, en plus d'être propice à la détente, les espaces verdis peuvent devenir des lieux d'interactions sociales contribuant ainsi à accroître le sentiment d'appartenance des individus à l'égard d'un groupe ou/et d'une organisation. L'ensemble de ces bienfaits est donc synonyme de création de valeur pour l'organisation.

D'autres projets de végétalisation comme celui du IGA extra Marché Duchemin et Frères inc. vont même être réalisés de manière à saisir des opportunités. En plus d'accroître son volume de vente d'aliments biologiques, frais et locaux, la stratégie d'affaires du toit potager aura généré des revenus additionnels pour le marchand. Rendue possible par le toit potager, cette offre adaptée en fonction des besoins est devenue une préférence déclarée par les clients. Or, la contribution de cette phytotechnologie dans le processus de fidélisation de la clientèle constitue un avantage économique important à soulever, car elle permet de créer une relation durable avec le client. Dans ces conditions, cela peut maximiser les profits, maintenir des parts de marché et garantir une rentabilité à plus long terme.

Ensuite, les renseignements recueillis montrent que la végétalisation du bâtiment permet de renforcer la prospérité économique à plusieurs échelles de la société, notamment en stimulant la demande et en créant des emplois. Cela s'explique par le fait que ces investissements nécessitent des dépenses qui résulteront des revenus pour d'autres bénéficiaires comme les firmes de conception, les fournisseurs de matériaux, les installateurs, les entrepreneurs paysagistes, etc. L'embauche de main d'œuvre pendant les phases de conception et de construction, mais aussi d'entretien stimulerait l'économie dans le secteur du bâtiment durable tout en générant une demande et des revenus auprès d'entreprises collaborant directement ou indirectement dans le projet. En ce qui a trait aux externalités positives pour la société, la valeur économique résultant des nombreux SE illustre bien l'apport de cette technologie en termes de création de richesse collective. Les propriétés dépolluantes et acoustiques illustrent bien la valeur économique des SE dans la prévention de problèmes de santé publique. Améliorer l'environnement des individus atténuerait ces problèmes et protégerait leur santé ce qui par conséquent, allègerait le fardeau économique attribuable aux maladies. Il a ainsi été observé dans la littérature qu'en verdissant les espaces urbains, cela contribue à améliorer la qualité de l'environnement. Les nombreux bienfaits contribuent à protéger la qualité de vie de la population tout en améliorant la productivité des individus.

Finalement, l'enquête a révélé que plusieurs organisations comme le Santropol Roulant, la MDD, l'ITA ont misé sur un ou des projets de végétalisation du bâtiment afin d'expérimenter ou de contribuer au développement de cette technologie. Or, la valeur formatrice attribuable aux nombreux apprentissages et à l'acquisition de connaissances mérite d'être soulevée.

Malgré que cette technologie puisse générer des gains sur le plan économique en raison des revenus, des économies et des externalités positives occasionnées, à l'inverse, elle peut aussi générer des pertes ou des dépenses majeures autant pour l'organisation que pour l'entrepreneur. Relativement à l'organisation, celle-ci doit assumer l'ensemble des coûts occasionnés par le processus de conception, d'installation et d'entretien. Plusieurs facteurs comme l'offre disponible en termes d'expertise, le nombre de composantes requises pour le système incluant leur valeur peuvent expliquer que l'intégration d'une surface végétalisée soit plus coûteuse qu'une surface conventionnelle. Dans le cas du Santropol Roulant, le toit potager a été financé par des partenaires corporatifs ce qui a tout de même permis de rendre le projet plus accessible sur le plan économique. Les coûts d'entretien peuvent aussi freiner l'accessibilité économique de cette technologie. Dans le cas de la MDD, les coûts d'entretien du mur végétalisé intérieur s'élèvent à plus de 10 000\$ par année alors que pour la toiture végétalisée, les coûts varient entre 3 000 et 5 000\$ par année. La fertilisation, l'arrosage et le désherbage sont quelques exemples de dépenses consacrées à l'entrepreneur responsable de l'entretien. À l'inverse, l'ITA n'a pas de dépenses significatives à cet effet puisqu'elle assume elle-même l'entretien de ses systèmes. À propos de l'entrepreneur/fournisseur, en règle générale, ceux-ci semblent assumer les risques attribuables aux pertes et aux dépenses découlant de complications comme un dysfonctionnement du système ou la mortalité des végétaux. Par exemple, les plantes de la toiture végétalisée de la MDD sont mortes quelques mois après l'inauguration. Un épisode semblable a aussi touché son mur végétalisé intérieur. Étant sous garantie, le remplacement des végétaux a été une dépense additionnelle pour l'installateur.

Tout bien considéré, la végétalisation semble fortement soutenir une économie performante autant pour l'organisation ainsi que pour la société incluant les localités. En plus d'accroître la qualité des milieux de vie, l'application de cette technologie peut devenir synonyme de création de valeur pour l'organisation. En bref, elle peut contribuer à reporter la fréquence et les coûts de réfection des matériaux, augmenter la valeur foncière de la propriété, diminuer les dépenses attribuables aux CVAC, maintenir des parts de marché, fidéliser la clientèle, accroître le sentiment d'appartenance des employés ou des clients, rentabiliser le projet et finalement accroître l'attractivité de l'organisation, d'une communauté, voire même d'une collectivité. Par le fait même, la végétalisation semble fortement assurer une prospérité économique porteuse d'innovation et favorable au progrès en DD. Plusieurs projets ont été réalisés dans l'idée d'expérimenter et de développer cette technologie en fonction de leur contexte d'application. Cela dit, l'application de cette technologie peut générer des retombées socioéconomiques positives en créant et en maintenant des emplois, en stimulant l'économie, en garantissant des SE essentiels ainsi qu'en améliorant la qualité de vie des individus et de l'environnement. Néanmoins, certains projets ont démontré que l'intégration de cette technologie pouvait être difficilement rentable puisque les coûts relatifs à l'achat et à l'entretien sont particulièrement élevés. Malgré que ces coûts puissent être compensés par un soutien financier additionnel externe, ce manque d'abordabilité compromet légèrement l'atteinte de ce principe. Après la création de valeur en fonction d'objectifs, la collaboration figure aussi parmi les conditions de succès à atteindre afin de garantir la viabilité économique d'un projet de végétalisation.

L'analyse montre que la végétalisation respecte le principe d'efficacité économique, mais qu'elle peut s'avérer difficilement rentable si le projet n'est pas adapté au contexte ainsi qu'aux objectifs établis en termes de création de valeur.

5.2.5 Participation et engagement

Le principe de participation et d'engagement précise que « la participation et l'engagement des citoyens et des groupes qui les représentent sont nécessaires pour définir une vision concertée du développement et assurer sa durabilité sur les plans environnemental, social et économique » (art. 6, LDD).

Il a été observé dans la littérature que les espaces végétalisés créent des conditions propices aux projets mobilisateurs et susceptibles de renforcer les interactions entre les individus. En théorie, la végétalisation du milieu scolaire aurait une incidence positive sur l'enthousiasme des enseignants puisque les élèves seraient plus calmes en ces conditions. C'est également ce qu'a déclaré l'ITA dans l'enquête. Aux yeux de l'organisation, intégrer cette technologie devient non seulement un moyen permettant de créer un milieu favorable aux apprentissages des étudiants, mais aussi de créer un milieu motivant pour les membres du personnel. Du côté des élèves, ceux-ci seraient plus enclins à participer aux activités d'apprentissage, notamment puisque ces aménagements deviennent littéralement des extensions de la salle de classe. Ces systèmes permettent de créer des lieux propices à l'expérimentation et à la conscientisation d'enjeux environnementaux. Ceci étant dit, en participant à un projet mobilisateur comme le fait d'entretenir une toiture ou un mur végétalisé, les individus sont susceptibles de renforcer leur sentiment d'appartenance par rapport à leur entourage et à leur milieu de vie. Les nombreux bienfaits sociologiques des jardins communautaires révélés dans la littérature en témoignent également. Plus concrètement, il est pertinent de préciser que l'ITA exploite cette phytotechnologie comme laboratoire afin d'une part permettre aux étudiants de mettre en pratique les notions théoriques en horticulture et d'autre part, permettre aux enseignants d'expérimenter l'efficacité de ces systèmes. Ils seront donc amenés à développer ensemble une vision concertée dans le but d'assurer la viabilité des végétaux auxquels ils sont responsables. Un autre exemple intéressant est celui du toit potager au IGA extra Marché Duchemin et Frères inc. Les aliments biologiques produits sur le toit sont devenus une préférence déclarée par les clients. Cela témoigne de la volonté du client à s'engager dans un processus d'achat plus responsable en achetant davantage de produits sains et locaux. Par ailleurs, l'enquête a démontré que plus de la moitié des organisations ont intégré une toiture ou un mur végétalisé afin de répondre à leur mission et/ou leurs valeurs. L'intégration de ces systèmes s'effectue idéalement dans une perspective à long terme. Il s'agit donc d'un moyen structurant et permanent afin de soutenir une vision ou des engagements en DD. Finalement, certains projets comme celui de SSQ assurance montrent qu'il est possible de combiner les trois piliers du DD pour soutenir une vision. Le projet de cette organisation intègre la dimension sociale en créant un lieu propice aux interactions sociales entre collègues, intègre la dimension environnementale en préservant des végétaux et en supportant des abeilles dans leur processus de pollinisation et finalement,

intègre la dimension économique en soutenant une PME spécialisée en apiculture en milieu urbain. D'autres cas similaires ont été identifiés dans la revue de littérature et dans l'enquête.

Tout compte fait, la végétalisation du bâtiment semble fortement favoriser la participation et l'engagement des parties prenantes, mais seulement dans la mesure où les individus sont encouragés à prendre part au projet ou à bénéficier des avantages qu'elle procure. Néanmoins, il n'est pas évident d'établir que l'engagement des parties prenantes s'effectue systématiquement autour d'une vision concertée. Les attentes et les motivations peuvent varier d'un individu à l'autre ou ne pas coïncider avec les objectifs poursuivis par la direction pouvant aussi varier d'une organisation à l'autre. Par ailleurs, la végétalisation semble fortement assurer la durabilité d'une vision concertée reposant sur les trois piliers du DD. Bien qu'il ne s'agit pas d'un impératif à respecter dans l'application de cette technologie, l'ensemble des projets qui ont été analysés dans l'enquête montrent qu'ils reposent sur une vision intégrant des éléments issus des trois piliers du DD. La grande variété des réponses obtenues en termes de motivations et de retombées dans l'enquête en témoigne. Ainsi, puisque la végétalisation du bâtiment nécessite des investissements importants et intègre de manière permanente le bâtiment, elle apparaît donc comme un moyen structurant afin de soutenir une vision à long terme en DD.

L'analyse montre que la végétalisation respecte le principe de participation et engagement, mais dans la mesure où le projet suscite la participation des individus et repose sur une vision vouée à atteindre des objectifs environnementaux, sociaux et économiques en DD.

5.2.6 Accès au savoir

Le principe accès au savoir énonce que : « les mesures favorisant l'éducation, l'accès à l'information et la recherche doivent être encouragées de manière à stimuler l'innovation ainsi qu'à améliorer la sensibilisation et la participation effective du public à la mise en oeuvre du [DD] » (art. 6, LDD).

La végétalisation semble être un moyen novateur afin de susciter et de stimuler de manière concrète les apprentissages. Rappelons qu'en plus de la littérature, les témoignages recueillis illustrent que ces aménagements créent des dispositions favorables à la concrétisation de notions théoriques et abstraites. Il a été observé dans la littérature que le verdissement en milieu scolaire permet de créer des extensions de la salle de classe. Étant propices à l'expérimentation, ces aménagements contribuent aussi au processus de conscientisation des élèves à l'égard d'enjeux environnementaux. Le contexte d'intégration des toitures et des murs végétalisés de l'ITA illustre bien l'apport formateur de cette phytotechnologie.

En d'autres contextes, les murs ou les toits végétalisés accessibles au public deviennent des lieux d'immersion propices aux expériences sensorielles positives. Rappelons que l'éducation figure parmi les principaux enjeux auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus aux yeux des gestionnaires

ayant participé à l'enquête. Les résultats obtenus en termes de retombées montrent que plus de la moitié des organisations estiment que cette phytotechnologie s'avère bénéfique en matière d'éducation et/ou de sensibilisation auprès du grand public. En lien avec la littérature, cela pourrait s'expliquer par le fait que ces espaces créent des conditions d'apprentissages propices aux activités constructives, créatives et coopératives. Cette phytotechnologie affiche donc une valeur formatrice importante, mais dans la mesure où le système est accessible au public visé. Dans le cas de la MDD, la toiture et le mur végétalisé deviennent des lieux démonstratifs propices à la sensibilisation et à la participation citoyenne.

Par ailleurs, l'application de cette technologie peut générer des apprentissages pour les gestionnaires contribuant au projet. L'enquête a d'ailleurs révélé que plusieurs projets ont été amorcés dans le but d'expérimenter et/ou de démontrer les avantages de cette phytotechnologie. De plus, certains ont affirmé que leur projet a suscité des apprentissages dans la façon de concevoir et d'exploiter le bâtiment. Les renseignements recueillis montrent que décider d'intégrer la végétalisation du bâtiment nécessite la prise en compte du système. L'enquête avait d'ailleurs révélé que l'un des principaux défis était justement lié à la complexité du projet puisque cela nécessite une coordination structurée en fonction du climat, de l'évolution du chantier et de la fragilité du système. À titre d'exemple, plusieurs organisations ont affirmé qu'il a été nécessaire de conscientiser les différents acteurs du chantier de construction pour éviter d'endommager les végétaux ou de compromettre la pérennité du système.

En ce sens, l'application de cette phytotechnologie peut stimuler l'innovation et contribuer à l'avancement de connaissances en matière de DD. Plusieurs projets de végétalisation ont d'ailleurs fait l'objet d'études en lien avec des disciplines connexes. À titre d'exemple, le toit potager du Santropol Roulant fait l'objet d'une étude de l'Université McGill portant sur les îlots de fraîcheur. Ce type de collaboration peut générer des apprentissages mutuels autant pour les chercheurs que pour l'organisation. Ainsi, l'application de cette phytotechnologie peut devenir un vecteur d'innovation en DD, notamment dans la façon d'améliorer les modes de gestion, d'atténuer les impacts du bâtiment et d'améliorer le milieu de vie.

Parallèlement, les renseignements recueillis montrent qu'il y a un réel manque d'informations relatif à la manière de concevoir les projets de végétalisation du bâtiment, plus particulièrement en ce qui a trait aux murs végétalisés. Cela touche principalement les conditions techniques à respecter ainsi que les bienfaits que procure cette phytotechnologie. Le manque de transparence des fabricants et des installateurs a également été mentionné. Dans certains cas, il est difficile de mesurer la performance réelle de cette technologie en fonction du contexte. À titre d'exemple, le potentiel de ruissèlement et d'infiltration sont connus ou peuvent être mesurés, mais à l'inverse, mesurer l'incidence de cette technologie sur la pollinisation semble être plus difficile. Le manque d'information à l'égard de certains aspects devient donc un frein à la compréhension des impacts de cette phytotechnologie.

À la lumière de ce qui précède, la végétalisation du bâtiment semble fortement favoriser l'éducation de sorte à améliorer la sensibilisation et la participation des citoyens dans l'exécution du DD. Les opportunités d'apprentissages à l'égard d'enjeux sociaux, environnementaux et économiques sont multiples. Par ailleurs, l'application de cette phytotechnologie semble fortement encourager la recherche de manière à stimuler l'innovation et susciter les apprentissages en DD. Plusieurs contextes se prêtent concrètement à l'expérimentation et à l'immersion. Toutefois, le manque d'accessibilité de l'information à propos des conditions techniques et de certains bienfaits constitue un frein à l'atteinte de ce principe.

L'analyse montre que la végétalisation respecte le principe d'accès au savoir, mais que le manque d'accessibilité de l'information est un frein important à soulever.

5.2.7 Subsidiarité

Le principe de subsidiarité avance que « les pouvoirs et les responsabilités doivent être délégués au niveau approprié d'autorité. Une répartition adéquate des lieux de décision doit être recherchée, en ayant le souci de les rapprocher le plus possible des citoyens et des communautés concernés » (art. 6, LDD).

Il a été observé que le DD concerne l'ensemble de la société. En ce sens, la végétalisation est un moyen permettant d'exécuter le DD sur le terrain, soit par le biais du bâtiment. En plus d'être connectée aux réalités et aux contextes où se trouve le bâtiment, l'application de cette phytotechnologie permet aux organisations de résoudre directement ou indirectement une grande variété de problèmes autant à l'intérieur qu'à l'extérieur de leur périmètre d'intervention. Les exemples avancés précédemment en témoignent. Ce qui pose problème dans l'analyse de ce principe, c'est que les impacts sont autant à l'échelle locale que globale. Cette complexité fait en sorte qu'il est difficile de déterminer si les pouvoirs et les responsabilités correspondent aux niveaux appropriés dans le processus d'intégration de cette technologie. En guise d'exemple, l'organisation possédant une toiture végétalisée contribue à améliorer la gestion des eaux pluviales d'une municipalité.

Bien qu'elle puisse en tirer des bénéfices dans le rendement thermique de son bâtiment, les impacts les plus significatifs relèvent davantage des gains qu'elle procure pour l'ensemble de la société. Le fait qu'elle contribue à réduire les risques de surverses et d'inondations allégeant par le fait même le fardeau socioéconomique s'y rattachant en témoigne. Sauf quelques exceptions, l'application de cette phytotechnologie ne semble pas être soutenue par les autorités des différents paliers gouvernementaux appropriés. Est-il juste que les organisations doivent assumer les coûts de construction et d'exploitation de cette phytotechnologie alors que les externalités positives peuvent générer des économies pour l'ensemble de la société? Ce genre de question mérite d'être soulevée dans l'analyse de ce principe. Par ailleurs, malgré qu'il puisse y avoir des zones grises en cas de dysfonctionnement du système, de mortalité des végétaux ou de dommages causés au bâtiment, les responsabilités semblent être assumées

au niveau approprié. En reprenant l'exemple des plantes de la toiture végétalisée de la MDD qui sont mortes quelques mois après l'inauguration, l'installateur a tout de même assumé le remplacement de celles-ci malgré que les causes soient inconnues.

Tout compte fait, l'application de ce moyen semble favoriser l'atteinte de ce principe, car elle intègre le palier décisionnel approprié dans l'attribution des pouvoirs et responsabilités. Les acteurs contribuant au processus semblent assumer leur responsabilité malgré qu'il puisse y avoir des zones grises. Par contre, le manque de soutien issu des différents paliers gouvernementaux laisse croire que la notion de responsabilités n'est pas équitablement partagée en ce qui a trait aux impacts. Par ailleurs, l'application de cette technologie semble être répartie adéquatement à travers les lieux de décisions en se rapprochant le plus possible des parties prenantes concernées. L'analyse montre qu'en rapprochant la solution du problème, il est possible d'établir que les acteurs compétents les plus proches de ceux qui vivent la problématique sont ceux qui agissent dans l'exécution du DD.

L'analyse montre que la végétalisation respecte le principe de subsidiarité, mais qu'il serait pertinent de préciser la part de responsabilités des différents paliers gouvernementaux dans l'atteinte de ce principe.

5.2.8 Partenariat et coopération

Le principe partenariat et coopération stipule que les organisations « doivent collaborer afin de rendre durable le développement sur le plan environnemental, social et économique. Les actions entreprises sur un territoire doivent prendre en considération leurs impacts à l'extérieur de celui-ci » (art. 6, LDD).

Il a été observé que la végétalisation peut favoriser la création de réseaux ou de partenariat entre les agents sociaux, économiques et environnementaux. Plusieurs projets ont été faits en étroite collaboration avec les fabricants et les installateurs dans le but de mieux comprendre et de développer cette technologie en fonction de la réalité. Par exemple, des OBNL comme la MDD et le Santropol Roulant ont bénéficié d'un soutien financier, notamment auprès de fondations ou d'entreprises privées afin de soutenir leurs projets. Dans le cas du Santropol Roulant, des chercheurs de l'Université McGill travaillent même avec l'organisme afin d'étudier l'incidence du toit potager à titre d'îlot de fraîcheur. Le même organisme a d'ailleurs collaboré avec l'installateur dans le développement de son expertise en la matière. À l'évidence, ces formes de partenariat illustrent bien l'apport collaboratif qu'offre l'application de cette technologie. Par contre, le manque d'accessibilité de l'information pourrait constituer un frein pour les acteurs cherchant à développer cette technologie dans une perspective de DD. À titre indicatif, l'état des lieux a démontré comment il est difficile d'obtenir des renseignements de base sur ces types de projets. Puisque l'étendue et la nature des systèmes en activité sont souvent méconnues, il peut donc s'avérer difficile de mesurer les impacts réels de cette technologie autant à l'intérieur qu'à l'extérieur du périmètre de l'organisation.

Par ailleurs, la revue de littérature expose comment la végétalisation du bâtiment est un sujet complexe à analyser en raison du nombre et de l'hétérogénéité des enjeux touchés. L'aspect éclaté du sujet peut complexifier la compréhension des impacts ce qui peut nécessiter une collaboration pluridisciplinaire entre les acteurs. Plusieurs organisations ont d'ailleurs affirmé dans l'enquête que la conception intégrée constitue un défi pour ce type de projet. En prenant de nouveau l'exemple des impacts des végétaux sur la pollution, des spécialistes issus de disciplines différentes pourraient être appelés à collaborer afin de concevoir, mettre en œuvre ou étudier les retombées d'un tel projet. Pour ne nommer que ceux-ci, la contribution d'architectes et d'ingénieurs est nécessaire pour concevoir l'intégration du système au bâtiment, celle du fabricant pour la production des composantes, celle de l'horticulteur pour la sélection des végétaux, celle de l'entrepreneur pour l'installation et possiblement l'entretien, celle du spécialiste en santé publique pour mesurer l'incidence sur l'état de santé et le bien-être de la population, celle du spécialiste en écologie pour mesurer l'incidence sur la qualité de l'environnement et finalement, celle de l'économiste pour quantifier les externalités positives générées par l'application de cette phytotechnologie. Bien qu'il soit difficile d'établir que l'ensemble des organisations possédant cette technologie cherche à mesurer les impacts à l'extérieur du périmètre de l'organisation, la diversité des réponses obtenues dans l'enquête laisse croire qu'elles sont conscientes de leur existence au-delà du bâtiment.

Tout compte fait, cette phytotechnologie semble fortement favoriser le DD en suscitant la collaboration afin de garantir un DD. Cela s'explique par le fait que plusieurs parties prenantes sont amenées à collaborer entre elles dans les différentes étapes du projet. Néanmoins, il n'est pas possible d'établir si le processus collaboratif entourant l'application de cette technologie repose sur un développement intégrant les trois piliers du DD. Par ailleurs, l'analyse montre également que les organisations possédant cette technologie sont généralement conscientes qu'elle contribue au DD de la société à plusieurs égards, mais qu'elles ne chercheront pas nécessairement à mesurer les impacts au-delà du périmètre de l'organisation. Ainsi, l'analyse montre que l'application de cette technologie semble faiblement considérer les impacts à l'extérieur du périmètre de l'organisation et de la société en général.

L'analyse montre que la végétalisation respecte le principe de partenariat et coopération, mais comporte des défis importants en termes de considération des impacts à l'extérieur du périmètre de l'organisation.

5.2.9 Prévention

Le principe de prévention indique : « en présence d'un risque connu, des actions de prévention, d'atténuation et de correction doivent être mises en place, en priorité à la source » (art. 6, LDD).

La végétalisation du bâtiment figure parmi les solutions afin de résoudre plusieurs problèmes environnementaux comme ceux liés à la pollution sonore, la pollution de l'air, la pollution hydrique, les ICU, la perte de biodiversité, la perte de services écosystémiques et la durée de vie des matériaux. Ce faisant, l'application de cette technologie semble prévenir des risques connus et existants. L'abondance

de la littérature et la connaissance révélée des gestionnaires à l'égard de certains enjeux comme l'ICU et la gestion des eaux de pluie en témoignent.

Dans le même ordre d'idées, la végétalisation contribuerait également à résoudre des problèmes sociaux comme ceux liés au décrochage scolaire, à l'insécurité alimentaire, à la démobilisation citoyenne, au sentiment de solitude des individus, au confort thermique, à la gestion des ressources humaines, à l'atténuation de la pollution ainsi qu'à la prévention de maladies physiques et/ou mentales. En ce sens, l'application de cette technologie préviendrait des risques connus et existants en matière de bien-être et de vivre ensemble. La littérature en matière de santé publique illustre bien l'aspect préventif qu'amène le verdissement dans les milieux de vie, notamment en ce qui a trait au confort et au sentiment de bien-être.

La végétalisation du bâtiment figure aussi parmi les solutions afin de saisir des opportunités économiques comme ceux liés au rendement énergétique du bâtiment, à la perte de valeur, au soutien d'entreprises locales, à la rentabilité du projet et à l'attractivité de l'organisation. La valeur attribuable aux nombreux services écosystémiques rendus en témoigne. Ce faisant, cette phytotechnologie semble prévenir des risques connus et existants sur le plan économique puisqu'elle peut devenir synonyme de création de valeur pour l'organisation et de richesse collective pour la société.

En lien avec ce principe, il est pertinent de s'intéresser aux enjeux en matière de sécurité civile. À cet effet, la publication d'un guide technique sur la construction de toits verts semble être une mesure vouée à prévenir certains risques. Ces exigences touchent essentiellement les composantes requises, les charges structurales, la protection contre la propagation de l'incendie, l'entretien ainsi que la résistance au soulèvement dû au vent et à l'érosion. Or, il n'y a pas d'exigences similaires pour l'intégration d'un mur végétalisé malgré l'existence de risques d'infiltration d'eau, de moisissures, de prolifération d'insectes nuisibles et de dommages de dysfonctionnement ou d'une mauvaise conception, installation ou entretien.

Tout bien considéré, la végétalisation du bâtiment semble fortement favoriser le DD en raison de sa capacité à prévenir, atténuer et corriger plusieurs problèmes environnementaux, sociaux et économiques connus et existants. L'ensemble de la revue de littérature en témoigne. Parmi les nombreux exemples; l'intégration de cette phytotechnologie constitue un moyen préventif afin d'atténuer certaines formes de pollution, corriger des problèmes de santé publique et alléger le fardeau économique s'y rattachant. Par contre, l'absence d'exigences pour les murs végétalisés compromet faiblement l'aspect préventif de cette technologie. En l'absence de mesures vouées à prévenir certains risques potentiels ou bien dans le cas où les exigences techniques ne sont pas respectées, il est probable qu'une mauvaise conception, installation ou maintenance puissent générer des problèmes tout en compromettant le DD.

L'analyse montre donc que la végétalisation du bâtiment respecte le principe de prévention, mais comporte des incertitudes dans les obligations préventives de certains risques liés aux murs végétalisés.

5.2.10 Précaution

Le principe de précaution montre que « lorsqu'il y a un risque de dommage grave ou irréversible, l'absence de certitude scientifique complète ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir une dégradation de l'environnement » (art. 6, LDD).

Les renseignements recueillis ne permettent pas d'établir que la végétalisation du bâtiment comporte des risques de dommage grave ou irréversible pour l'environnement. Bien au contraire, cette phytotechnologie préviendrait et atténuerait la pression exercée par le bâtiment. Son apport significatif dans la protection de l'environnement et dans la préservation de la biodiversité en témoigne. Les ouvrages rapportés dans la revue de littérature montrent comment l'application de cette phytotechnologie contribue à résoudre une multitude de problèmes environnementaux. L'incidence d'une toiture végétalisée dans la réduction des ICU ou encore, la phytoremédiation exercée par les plantes intérieures dans le prélèvement des composés organiques volatils en témoignent. Inversement, certains sujets comme la migration des espèces végétales et animales qui devront s'adapter aux CC présentent certaines incertitudes, mais cela ne semble pas compromettre l'atteinte de ce principe. Il peut aussi s'avérer difficile de connaître les externalités négatives qu'occasionneront les CC sur les toits ou les murs végétalisés.

En somme, la végétalisation ne semble pas comporter de risques de dommages graves ou irréversibles pour l'environnement. De plus, elle ne semble pas nécessiter l'intégration de mesures effectives visant à prévenir une dégradation de l'environnement malgré l'absence de certitudes scientifiques. À l'inverse, il apparaît davantage comme un moyen permettant de mettre en œuvre le principe de précaution vis-à-vis certaines problématiques environnementales.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment respecte le principe de précaution, mais qu'il faudrait traiter davantage des externalités négatives de cette technologie tout au long de son cycle de vie.

5.2.11 Protection du patrimoine culturel

Le principe de protection du patrimoine culturel précise que « le patrimoine culturel, constitué de biens, de lieux, de paysages, de traditions et de savoirs, reflète l'identité d'une société. Il transmet les valeurs de celle-ci de génération en génération et sa conservation favorise le caractère durable du développement. Il importe d'assurer son identification, sa protection et sa mise en valeur, en tenant compte des composantes de rareté et de fragilité qui le caractérisent » (art. 6, LDD).

Les renseignements recueillis montrent que la végétalisation permet d'accroître l'esthétisme ainsi que l'attrait visuel du bâtiment. À l'échelle d'une ville ou d'un quartier par exemple, ces surfaces agrémentées de végétaux peuvent contribuer à accroître la qualité des milieux de vie et à mettre en valeur les bâtiments en augmentant l'esthétisme visuel. Cependant, il faut savoir que l'appréciation visuelle est

avant tout une question de subjectivité. Cela veut donc dire que dans le cas où la végétation est perçue positivement, elle contribuerait à projeter une image positive susceptible d'accroître la crédibilité écologique et sociétale de l'organisation. Inversement, un système présentant des complications ou des lacunes pourrait compromettre l'image de l'organisation, cela plus particulièrement si celui-ci est visible ou accessible au public. Dans un autre ordre d'idée, la végétalisation peut s'avérer un moyen efficace pour renforcer des valeurs ou des engagements en DD dans une perspective à long terme. Plus concrètement, les résultats de l'enquête montrent que plus de la moitié des organisations estiment que la végétalisation du bâtiment est un moyen essentiel pour répondre à leur mission et/ou leurs valeurs. En prenant l'exemple de la MDD, le mur végétal est considéré comme étant un choix stratégique puisqu'il reflète les valeurs des locataires du bâtiment. Ceci étant dit, dans le cas où elle est perçue négativement, il est possible que les gens considèrent la végétalisation comme une atteinte à la signature visuelle ou architecturale propre à certains styles architecturaux. Des aménagements moins attrayants ou bien encore, des végétaux faussement perçus comme mauvaises herbes sont d'autres enjeux à soulever.

Par ailleurs, une architecture distinctive dans l'application de valeurs écologiques, notamment en intégrant la nature au milieu bâti, constitue une valeur ajoutée non seulement pour responsabiliser la société, mais aussi pour renforcer l'aspect identitaire des organisations. Par exemple, plusieurs gestionnaires ont indiqué dans l'enquête qu'exploiter cette technologie permet de donner l'exemple, notamment pour inspirer d'autres organisations ou la société en générale. En plus de contribuer à la revitalisation du milieu de vie, ces aménagements valorisent la nature comme composante du bâtiment. Ces projets peuvent même devenir synonymes de fierté pour les parties prenantes internes de l'organisation. Plus de la moitié des organisations ayant participé à l'enquête ont d'ailleurs affirmé être ouverte à l'idée de refaire un projet de végétalisation, car ce type de projet génère beaucoup de fierté. Des organisations comme Desjardins et SSQ assurance ont même soulevés que leur projet a contribué à renforcer le sentiment d'appartenance des employés et de la communauté avoisinante. Les données recueillies montrent que les projets de végétalisation peuvent contribuer à ancrer des valeurs écoresponsables chez les individus.

Il a également été observé que l'application de cette technologie permet d'accroître la durée de vie des matériaux composant le bâtiment. Dans une certaine mesure, elle semble donc contribuer à accroître la qualité et la durabilité du patrimoine immobilier. De plus, en végétalisant des surfaces inutilisées, il devient possible de créer de nouveaux milieux de vie en fonction des besoins ou de bonifier la vocation du bâtiment. En prenant le cas des toitures végétalisées, il existe plusieurs opportunités permettant de rendre le bâtiment évolutif pour les occupants. Le fait d'intégrer un toit potager comme lieu de production alimentaire, un toit-terrasse comme lieu d'échanges, un toit-jardin comme lieu de détente et un toit éducatif comme lieu d'apprentissages en sont quelques exemples. Toutefois, il faut savoir que les bâtiments composant le parc immobilier existant ne semblent pas avoir été conçus et construits dans l'idée d'intégrer ce type d'aménagement. Le manque d'espace, l'incapacité structurelle ainsi que les défis à relever afin de garantir un accès sécuritaire à ces espaces en témoignent.

Tout bien considéré, la végétalisation semble fortement préserver les biens, les lieux, les paysages et les savoirs de manière à refléter l'identité de la société et de l'organisation, car elle peut, dans une certaine mesure subjective, contribuer à mettre en valeur le bâtiment et accroître la qualité et la durabilité du patrimoine immobilier. En plus d'intégrer de manière permanente le bâtiment, elle permet de véhiculer un message susceptible de renforcer l'identité, les valeurs et/ou la notoriété de l'organisation à titre de bon citoyen corporatif. Néanmoins, puisque cette phytotechnologie est en émergence, il est difficile d'établir son degré de contribution dans la préservation des traditions culturelles. Ensuite, la végétalisation semble légèrement protéger et mettre en valeur le patrimoine culturel en tenant compte de sa rareté et de sa fragilité. Bien que l'application de cette technologie puisse mettre en valeur et protéger le patrimoine immobilier, il est difficile d'établir si l'intégration s'effectue de manière à identifier et à protéger les aspects architecturaux distinctifs de certains bâtiments patrimoniaux comme ceux issus de différentes époques. L'incapacité structurelle du parc immobilier existant illustre bien la fragilité des bâtiments existants qui ne semblent pas avoir été conçus dans l'idée d'intégrer cette technologie.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment respecte le principe de protection du patrimoine culturel, mais ne semble pas tenir compte de sa rareté et de sa fragilité, cela plus particulièrement en ce qui a trait aux enjeux de conservation architecturale propre au patrimoine immobilier existant.

5.2.12 Préservation de la biodiversité

Le principe de *préservation de la biodiversité* mentionne que « la diversité biologique rend des services inestimables et doit être conservée au bénéfice des générations actuelles et futures. Le maintien des espèces, des écosystèmes et des processus naturels qui entretiennent la vie est essentiel pour assurer la qualité de vie des citoyens » (art. 6, LDD).

Il a été soulevé que l'intégration d'un système de végétalisation permet de substituer des surfaces minéralisées et inorganiques par des surfaces organiques et perméables. Dans une certaine mesure, elle peut même compenser la perte du milieu naturel, plus particulièrement en milieu urbanisé. En plus d'accroître et de valoriser la préservation de la biodiversité à travers le milieu bâti, certains contextes d'intégration permettent de protéger et de soutenir des espèces menacées ou vulnérables. Se rapprochant de leur état naturel, les surfaces végétalisées extérieures peuvent devenir des habitats pour la faune et la flore comme les insectes, les petits animaux et les oiseaux. En regard aux CC, elles peuvent devenir des refuges afin de soutenir l'adaptation d'espèces migratrices. Elle permet aussi d'augmenter la connectivité entre les écosystèmes et d'accroître la diversité biologique sur le territoire.

Par ailleurs, la végétalisation procure de nombreux SE au bénéfice intergénérationnel. Les bienfaits en termes d'atténuation de certains polluants, de purification de l'air, de séquestration du carbone, de potentiel de pollinisation, de gestion des eaux pluviales et de régulation de la température en sont

quelques exemples. Ainsi, le fait que cette phytotechnologie permet de soutenir les SE contribue à protéger la qualité de vie de la population. La végétalisation apparaît aussi comme un moyen permettant de renforcer l'efficacité et la durabilité des SE lorsque les écosystèmes sont dégradés. Bien que cette phytotechnologie ne puisse pas remplacer de manière équivalente un milieu naturel intact, elle permet de compenser la perte de biodiversité comparativement aux surfaces minéralisées. Lorsqu'il n'y a plus d'espace au niveau du sol, ces surfaces permettent d'intégrer la biodiversité sur les murs et les toitures des bâtiments. Par exemple, la toiture végétale de la MDD fourmille d'activité avec la présence d'insectes alors que celle de SSQ assure le développement d'une colonie d'abeilles. Dans les deux cas, la toiture était le seul espace disponible permettant d'intégrer la nature au bâtiment. Il s'agit donc d'une solution de rechange pour compenser la perte de biodiversité occasionnée par la construction initiale du bâtiment. Néanmoins, plusieurs facteurs peuvent influencer le maintien de cette biodiversité, c'est-à-dire la survie des végétaux. Le type de système, le choix des espèces végétales ainsi que les pratiques relatives à l'entretien sont quelques exemples de facteurs à considérer. À cet effet, plusieurs organisations ont affirmé dans l'enquête qu'il y avait un manque d'expertise diversifiée pour faire le bon choix de végétaux en fonction du contexte ainsi que pour assurer un entretien adéquat et préserver les végétaux vivants. Ce manque de connaissances et d'expertise horticole constitue donc un frein à la préservation de la biodiversité composant les systèmes de végétalisation du bâtiment.

D'après ce qui précède, la végétalisation du bâtiment semble fortement contribuer dans la préservation de la biodiversité en soutenant et en conservant la diversité biologique au bénéfice des générations actuelles et futures. L'intégration de végétaux à même le bâtiment permet de compenser la perte de biodiversité occasionnée par la construction, d'optimiser l'utilisation de l'espace disponible et d'atténuer les impacts du bâtiment sur la faune et la flore ainsi que sur les milieux hydriques et atmosphériques. En plus de soutenir certaines espèces, les écosystèmes et les processus naturels, elle contribue à maintenir des SE indispensables afin d'assurer la qualité de vie des citoyens. Son apport dans la lutte aux ICU, dans l'optimisation de la gestion des eaux de pluie, dans la régulation de la température et dans l'atténuation de certaines formes de pollution permet de réduire la pression sur la biodiversité exercée par le bâtiment. Néanmoins, le manque de connaissances et d'expertise horticole spécifiques au contexte québécois pourrait légèrement compromettre les efforts en matière de préservation.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment respecte le principe de préservation de la biodiversité, mais que le manque de connaissances et d'expertise horticole est un enjeu important à soulever.

5.2.13 Respect de la capacité de support des écosystèmes

Le principe respect de la capacité de support des écosystèmes indique « les activités humaines doivent être respectueuses de la capacité de support des écosystèmes et en assurer la pérennité » (art. 6, LDD).

Les données recueillies montrent que contrairement à une surface conventionnelle, une surface végétalisée contribuerait davantage à limiter les impacts et les perturbations potentiels du bâtiment à l'égard des écosystèmes. Cependant, il est difficile d'établir si les impacts sur les écosystèmes sont limités tout au long du cycle de vie du produit. Les impacts liés à l'exploitation des matières premières, à la fabrication de l'ensemble des matériaux composant le système, à leur transport ainsi qu'à leur installation n'ont pas été traités. Seuls les impacts découlant de l'exploitation du bâtiment et du système ont été observés en profondeur. À cet effet, il a été observé dans la littérature que les couches soutenant la croissance des végétaux constituent une protection additionnelle pour les couches inférieures composant l'enveloppe du bâtiment. En plus de limiter l'exposition aux rayons UV, la surface végétalisée garantit une stabilité thermique contribuant à ainsi protéger les matériaux des fluctuations journalières et saisonnières. La végétalisation du bâtiment contribuerait donc à prolonger la durée de vie des matériaux composant le bâtiment. Logiquement, le fait de prolonger la durée de vie du matériau permet de réduire la fréquence de remplacement. En augmentant la durabilité, cela permet ainsi de réduire la quantité de matières premières et d'énergie utilisée pour la construction et le remplacement des matériaux.

Par ailleurs, il a été soulevé que la végétalisation améliorerait l'isolation thermique ainsi qu'à certains égards, l'efficacité énergétique du bâtiment. Un système permettant d'atteindre ces conditions peut améliorer le rendement thermique du bâtiment et réduire le gaspillage pour compenser la perte de chaleur et de fraîcheur selon les saisons. Pour certains systèmes, l'évaporation de l'eau va augmenter le taux d'humidité et rafraîchir l'air. En ce sens, l'application de cette phytotechnologie pourrait aussi réduire la consommation d'énergie du bâtiment. Considérant le fait qu'en contexte québécois, la production d'électricité est principalement issue d'énergies renouvelables, l'impact n'est donc pas significatif à cet égard, mais pourrait tout de même s'avérer bénéfique dans la réduction de sources d'énergies fossiles issues de la consommation de gaz naturel par exemple.

Finalement, il a été soulevé qu'une mauvaise conception, installation ou entretien pourrait compromettre le rendement énergétique souhaité, endommager le bâtiment, voir même, causer la perte des végétaux. Dans l'hypothèse que la production des composantes du système incluant les végétaux peut occasionner des impacts sur l'environnement, il est évident que leur renouvellement nécessite un apport en ressources et en énergie. Or, le remplacement fréquent des matériaux et/ou des végétaux semble être des situations n'étant pas adaptées à l'atteinte de ce principe.

D'après ce qui précède, la végétalisation semble légèrement contribuer à l'atteinte du principe en respectant et en assurant davantage la capacité de support des écosystèmes contrairement aux autres surfaces conventionnelles. Cela dit, il faut savoir qu'en l'absence de renseignements spécifiques à chacune des étapes entourant le processus d'implantation cette phytotechnologie, il est difficile d'établir avec précision si elle respecte ou non la capacité de support des écosystèmes. L'atteinte de ce principe repose sur les constats effectués au niveau de l'exploitation du bâtiment où les impacts potentiels sur les

écosystèmes semblent être, dans une certaine mesure, compensés par la présence de végétaux et de biodiversité. Certains systèmes peuvent améliorer le rendement énergétique et thermique du bâtiment ce qui par conséquent, permet de réduire le gaspillage d'énergie. Par contre, lorsque vient le temps d'installer ou de remplacer des composantes du système, il est probable que le processus de fabrication des matériaux génère des impacts environnementaux négatifs tout au long de leur cycle de vie.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment semble se conformer au principe de respect de la capacité de support des écosystèmes. Puisque l'analyse se concentrait sur les impacts liés à l'exploitation du bâtiment, effectuer une analyse de cycle de vie permettrait de mieux cerner l'atteinte de ce principe.

5.2.14 Production et consommation responsable

Le principe de production et de consommation responsables nécessite que « des changements doivent être apportés dans les modes de production et de consommation en vue de rendre ces dernières plus viables et plus responsables sur les plans social et environnemental, entre autres par l'adoption d'une approche d'écoefficiente, qui évite le gaspillage et qui optimise l'utilisation des ressources » (art. 6, LDD).

Il été observé que la végétalisation peut contribuer à prolonger la durée de vie des matériaux se trouvant sous la surface végétalisée. En diminuant la fréquence entourant le renouvellement des composantes du système, cela permet d'une part de réduire la quantité de matière première et d'énergie requises pendant le processus de fabrication et d'autre part, de réduire la quantité de matière résiduelle générée pour le remplacement des composantes en fin de vie utile. L'ensemble de ces bienfaits repose cependant sur l'hypothèse que le système a été bien conçu, bien installé et bien entretenu. Ces conditions doivent être respectées non seulement pour atteindre le rendement énergétique souhaité, mais aussi pour assurer le bon fonctionnement du système, préserver l'intégrité des végétaux et éviter d'endommager le bâtiment. Plusieurs organisations ayant participé à l'enquête ont affirmé avoir eu à gérer des ratés en raison d'une mauvaise conception du bâtiment et/ou d'un dysfonctionnement du système. Par exemple, le mur végétalisé de la MDD a eu quelques fuites ce qui a endommagé quelques matériaux à proximité. N'étant pas nécessairement le cas pour la MDD, il est évident que le remplacement fréquent des matériaux du bâtiment ou des composantes du système vient annuler la durabilité que procure cette technologie. Par ailleurs, les gains en termes de rendement thermique et d'efficacité énergétique contribueraient à réduire l'empreinte carbone du bâtiment, notamment en réduisant la consommation d'énergie liée à des sources non renouvelables comme le gaz naturel et en compensant, dans une faible mesure, les émissions de GES par la présence de végétaux. Dans le même ordre d'idées, certains cas de figure comme les projets du Santropol Roulant, de l'ITA et du IGA extra Marché Duchemin et Frères inc., montrent que l'application de cette phytotechnologie peut créer des lieux propices à la production d'aliments frais et locaux. Ces lieux deviennent des moyens novateurs permettant de réduire les distances et l'empreinte carbone occasionnée par le transport des aliments. Encore une fois, cette forme de proximité encourage des modes de production et de consommation plus viables.

À la lumière de ces informations, l'intégration de cette technologie semble fortement encourager l'adoption de modes de production et de consommation plus viables et plus responsables. Bien qu'ils soient circonstanciels, certains aménagements peuvent devenir des lieux de production d'aliments et encourager l'adoption de modes de consommation à plus faible empreinte carbone et soutenant le développement local. Certains cas de figure montrent également que l'application de cette phytotechnologie encourage l'adoption d'une approche écoefficiente en évitant le gaspillage d'énergie et en optimisant l'utilisation des ressources. Dans les deux cas, il est évident que, dans une certaine mesure, des lacunes au niveau de la conception, de l'installation ou de l'exploitation du système pourraient légèrement compromettre l'atteinte de ce principe. Par opposition à l'augmentation de la durabilité du bâtiment, le remplacement fréquent des matériaux à proximité et des composantes du système incluant les végétaux pourrait générer du gaspillage ce qui par conséquent, ne constituerait pas une approche écoefficiente vouée à optimiser l'utilisation des ressources et de l'énergie.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment respecte le principe de production et de consommation responsable, mais comporte certains risques de gaspillages associés aux lacunes potentielles en matière de conception, d'installation et d'entretien.

5.2.15 Pollueur-payeur

Le principe de pollueur-payeur énonce que « les personnes qui génèrent de la pollution ou dont les actions dégradent autrement l'environnement doivent assumer leur part des coûts des mesures de prévention, de réduction et de contrôle des atteintes à la qualité de l'environnement et de la lutte contre celles-ci » (art. 6, LDD).

Il a été observé que l'application de cette phytotechnologie permet de réduire la pression exercée par le bâtiment, notamment en réduisant ses impacts sur l'environnement et en luttant contre certaines formes de pollution. Le fait que les végétaux ont la capacité d'atténuer les effets de certaines formes de pollution sonore, atmosphérique et hydrique en témoigne. Dans une certaine mesure, les végétaux peuvent même compenser les émissions de GES en devenant des puits de carbone à même le bâtiment. N'ayant pas été abordée spécifiquement dans les chapitres précédents, la pollution visuelle pourrait aussi être compensée puisque l'intégration de ces surfaces contribue à embellir l'aspect visuel du bâtiment. Plus concrètement, les données recueillies montrent que les exigences réglementaires de l'arrondissement Saint-Laurent à Montréal s'inscrivent dans cette logique. De manière à lutter contre le phénomène d'ICU, les autorités municipales cherchent à augmenter la quantité d'espaces verts en misant sur l'intégration d'îlots de fraîcheur. Pour obtenir son permis de construction, le supermarché IGA extra Marché Duchemin et Frères inc. devait intégrer une toiture végétalisée à son nouveau bâtiment. Ce cas de figure montre qu'il est possible pour une municipalité d'obliger les secteurs industriels et commerciaux de compenser les effets de la minéralisation à grande surface. Or, les nombreux bénéfices environnementaux observés dans la littérature montrent que cette phytotechnologie permet de prévenir et de réduire les atteintes à la qualité

de l'environnement. En règle général, le cadre législatif n'oblige pas les propriétaires de bâtiment à installer ou un toit/mur végétalisé. Étant libre de verdir ou non leur bâtiment, le choix d'installer cette phytotechnologie est un bon exemple de compensation des effets négatifs par le pollueur puisqu'il peut démontrer qu'il compense une partie de l'atteinte à la qualité de l'environnement.

Tout compte fait, l'application de cette phytotechnologie apparaît comme un moyen permettant de respecter le principe de pollueur-payeur. Cela s'explique par le fait qu'elle peut atténuer les effets négatifs de plusieurs formes de pollution. Bien qu'elle ne constitue pas une obligation légale à respecter, elle permet aussi au pollueur de compenser ou de réduire une partie de la pression exercée par le bâtiment sur l'environnement. Or, son application pourrait contraindre les pollueurs à assumer leur part des coûts en matière de prévention, de réduction et de contrôle des atteintes à la qualité de l'environnement.

L'analyse montre que la végétalisation du bâtiment apparaît comme un moyen permettant de respecter le principe de pollueur-payeur, mais qu'en règle générale, le cadre législatif actuel n'oblige pas les propriétaires du bâtiment à installer ou un toit/mur végétalisé pour compenser l'atteinte à l'environnement.

5.2.16 Internalisation des coûts

Le principe d'internalisation des coûts précise que « la valeur des biens et des services doit refléter l'ensemble des coûts qu'ils occasionnent à la société durant tout leur cycle de vie, de leur conception jusqu'à leur consommation et leur disposition finale » (art. 6, LDD).

Il a été observé que les externalités positives de la végétalisation du bâtiment, c'est-à-dire les effets externes favorables sur l'environnement, la collectivité et l'individu sont connus pour la plupart des enjeux qui ont été observés. À titre d'exemple, les SE rendus par les végétaux peuvent compenser certains impacts générés par le bâtiment. Ce qui pose problème dans l'analyse de ce principe, c'est que les renseignements recueillis ne traitent pas spécifiquement des effets externes défavorables de cette technologie. Par exemple, les effets favorables en matière de santé publique sont multiples afin de prévenir des maladies physiques et mentales, mais peu d'ouvrages traitent spécifiquement des risques d'infection liés à la présence d'insectes ou aux risques d'allergies attribuables au pollen. Parmi les données recueillies, aucun ouvrage n'aborde spécifiquement l'identification des risques, les probabilités d'occurrence d'un événement dangereux, la gravité du préjudice et les moyens de maîtrise des risques pour ces types de situations. Inversement, les risques en matière d'incendies sont identifiés de sorte que des moyens de maîtrise des risques sont imposés pour l'intégration d'une toiture végétalisée.

Tout compte fait, les données recueillies ne permettent pas d'établir si la végétalisation du bâtiment reflète l'ensemble des coûts occasionnés à la société tout au long du cycle de vie. Étudier les impacts négatifs de la végétalisation du bâtiment sur l'environnement, le bien-être humain et le rendement économique

L'analyse ne permet pas de juger si la végétalisation du bâtiment respecte le principe d'internalisation des coûts. Traiter davantage des externalités négatives de cette technologie tout au long de son cycle de vie permettrait de mieux analyser l'atteinte de ce principe. Les subventions vouées à soutenir les externalités positives que procure cette technologie pourraient également être analysées plus en profondeur.

Rappelons qu'une solution durable est un moyen fondé sur des intentions à résoudre durablement et systématiquement plusieurs problématiques ou difficultés à caractère environnementale, sociale ou économique. Dans ces conditions, le but de cette analyse a donc été d'établir si la végétalisation du bâtiment apparaît ou non comme une solution durable pour les organisations, peu importe leur mission ou leur sphère d'intervention. Tel qu'illustré à la figure 5.1, l'analyse effectuée en fonction des 16 principes de la *Loi sur le développement durable* révèle que la végétalisation du bâtiment peut être considérée comme une solution durable pour les organisations, mais sous certaines conditions. De manière générale, la végétalisation du bâtiment favorise le DD sur le plan environnemental, social et économique.



90

Pour analyser adéquatement ce principe, il faudrait traiter davantage des externalités négatives qu'elle génère tout au long de son cycle de vie. Les subventions vouées à soutenir les externalités positives que procure cette technologie pourraient également être analysées plus en profondeur.

À propos des principes environnementaux, la végétalisation respecte le principe de préservation de la biodiversité, mais le manque de connaissances et d'expertise horticole auprès des organisations constitue un défi à la préservation de la biodiversité composant les systèmes. Cette phytotechnologie semble également se conformer au principe de respect de capacité de support des écosystèmes. Étant donné que l'analyse se concentrait sur les impacts liés à l'exploitation du bâtiment et du système, effectuer une analyse de cycle de vie permettrait de mieux cerner l'atteinte de ce principe. La végétalisation respecte également le principe de précaution, mais il serait pertinent de traiter davantage des externalités négatives de cette technologie tout au long de son cycle de vie.

Au sujet des principes sociaux, la végétalisation du bâtiment respecte le principe d'équité et de solidarité sociale, mais dans la mesure où elle devient plus accessible économiquement et que l'espace soit accessible pour les individus. Elle respecte également le principe de participation et engagement, mais dans la mesure où le projet suscite la participation des individus et repose sur une vision vouée à atteindre des objectifs environnementaux, sociaux et économiques en DD. En ce sens, la végétalisation respecte le principe de partenariat et coopération, mais comporte des défis en termes de considération des impacts à l'extérieur du périmètre de l'organisation. Finalement, elle semble respecter le principe d'accès au savoir, mais le manque d'accessibilité de l'information est un frein important à soulever.

À propos des principes économiques, la végétalisation respecte le principe d'efficacité économique, mais il importe de souligner que le projet peut être difficilement rentable s'il n'est pas adapté au contexte ainsi qu'aux objectifs établis en termes de création de valeur. En ce sens, la végétalisation constitue un moyen permettant de respecter le principe de pollueur-payeur, mais en règle générale, le cadre législatif n'oblige pas les propriétaires à utiliser ce moyen pour compenser l'atteinte à la qualité de l'environnement.

Au sujet des principes transversaux, la végétalisation respecte le principe de production et de consommation responsable, mais comporte certains risques de gaspillages associés aux lacunes potentielles en matière de conception, d'installation et d'entretien. Elle se conforme aussi au principe de protection du patrimoine culturel, mais ne semble pas tenir compte de sa rareté et de sa fragilité, cela plus particulièrement en ce qui a trait aux enjeux de conservation architecturale propre au patrimoine immobilier existant. Finalement, la végétalisation respecte le principe de prévention, mais comporte des incertitudes dans les obligations préventives de certains risques liés aux murs végétalisés.

5.4 Critique de la végétalisation du bâtiment

Bien que la végétalisation du bâtiment puisse être considérée comme une solution durable pour les organisations et la société, il a été jugé opportun d'apporter un regard critique en abordant certains enjeux ou effets indésirables. Les risques d'embourgeoisement, la rentabilité et à l'accessibilité économique, les exigences techniques et réglementaires, les risques en matière de sécurité civile, les risques d'infection et d'allergies, la préservation des végétaux et la pluralité des compétences sont abordés dans cette section.

5.4.1 Les risques d'embourgeoisement

Il a été observé que la végétalisation des milieux de vie améliore l'environnement et la santé de la population ce qui peut augmenter de la valeur foncière. Dans une enquête sur la valeur paysagère des maisons, il a été démontré qu'une augmentation du couvert forestier à l'échelle du voisinage par exemple, pouvait augmenter de 0,2 % la valeur des propriétés (Des Rosiers, Thériault, Kestens et Villeneuve, 2002). Dans certains cas, cette augmentation est largement plus élevée.

L'amélioration du milieu de vie peut générer un phénomène d'embourgeoisement, c'est-à-dire une perte d'accessibilité socioéconomique du milieu de vie au détriment des populations en situation précaire. Dans certains cas, des populations moins nanties pourraient avoir à se déplacer vers des milieux plus abordables (Wolch, Byrne et Newell, 2014). Par exemple, la rénovation et le verdissement d'un secteur *Highline* à *New York* ont fait bondir de 103 % la valeur immobilière des propriétés se trouvant dans un rayon de 5 minutes de marche, cela seulement entre 2003 et 2011 (*New York City Economic Development Corporation* [NYCEDC], 2011). Bien que l'augmentation globale résulte de l'inflation naturelle et que les externalités négatives soient difficiles à démontrer, les risques d'embourgeoisement sont existants.

5.4.2 La rentabilité et l'accessibilité

Malgré les gains économiques potentiels à la végétalisation comme l'augmentation de la valeur de la propriété et les économies générées, celle-ci est plus coûteuse que ses autres alternatives, même dans une perspective à long terme. En règle général, le coût marginal d'un projet de végétalisation variera en fonction des choix en matière de conception et devis, d'étude de faisabilité, de type de système, d'espèce de plantes, de fonction visée, d'installation et d'entretien (Landreville, 2005). À titre indicatif, l'installation du mur vivant extérieur de l'*Aquaquest Learning Centre* construit à Vancouver en 2006 a coûté près de 50 000\$ pour une superficie de 50 m² (Dunnet et Kingsbury, 2008). Tel qu'illustré dans le tableau 5.1, il existe des variations importantes entre les coûts des différentes options pour un revêtement de toiture.

Tableau 5.1 Coût et durée de vie en fonction des différents matériaux de revêtement de toiture (inspiré de Lecomte et Walter, s. d.; Dunnett et Kingsbury, 2008)

Type de revêtement	Coût	Durée de vie
Toit végétal intensif (avec culture)	10 à 40\$ / pi ²	50 à 70 ans
Toit végétal extensif (sans culture)	10 à 25\$ / pi ²	50 à 70 ans
Toit en bardeaux en bois (cèdre, de mélèze)	9 à 25\$ / pi ²	± 30 ans
Toit en membrane élastomère ou bitume modifié	11\$ / pi ²	25 à 35 ans
Toit en EPDM (caoutchouc synthétique)	8\$ / pi ²	25 à 35 ans
Toit en TPO (thermoplastique polyoléfine)	8\$ / pi ²	25 à 35 ans
Toit composite (contenu recyclé)	8\$ / pi ²	± 50 ans
Toit en bitume multicouche	6\$ / pi ²	15 à 30 ans
Toit en métal (acier peint ou galvanisé)	4 à 5 \$ / pi ²	± 50 ans
Toit en bardeaux d'asphalte	2,50 à 3\$ / pi ²	15 à 20 ans

En excluant les toitures végétales, ces estimations montrent que le prix moyen d'un revêtement de toiture est d'environ 8\$ / pi² en prenant les valeurs les plus faibles et 9,25\$ / pi² en prenant les valeurs les plus élevées. Or, le prix des toitures végétalisées varie entre 10 et 40 \$ / pi² ce qui correspond à une amplitude de 400 % tout en demeurant largement supérieur au prix des revêtements concurrents (Lecomte et Walter, s. d.). La durabilité des deux options végétalisées (50 à 70 ans) a été estimée selon l'hypothèse de Dunnett et Kingsbury (2008) voulant que l'ajout d'une toiture végétalisée permette de doubler la durée de vie d'une membrane élastomère neuve (25 à 35 ans). Ainsi, le toit végétal est le revêtement affichant la plus longue durée de vie. En ce sens, une étude américaine portant sur les coûts-bénéfices a révélé qu'une toiture végétale peut générer un taux de rendement interne de 11 % ainsi qu'un délai de récupération de 11 ans ce qui représente un rapport coûts-bénéfices de 2,65\$ et une valeur actuelle nette de 37,26 \$ / pi² (Kats et Glassbrook, s. d.) Toutefois, ces résultats peuvent varier en fonction du contexte où s'applique le projet. La prise en compte des externalités positives résultant des SE rendus et des économies liées au rendement thermique peuvent aussi modifier le calcul.

Par ailleurs, il semble plus stratégique économiquement d'intégrer la végétalisation en début de projet, soit pendant la phase de conception du bâtiment. En guise d'exemple, les coûts supplémentaires de renforcement pour un bâtiment existant accueillant une toiture végétalisée atteignent 10 à 20\$ / pi² pour une structure en béton et 8 à 15\$ / pi² pour une structure en acier. Les coûts d'une structure pour laquelle l'intégration d'une toiture végétalisée est déjà prévue seront alors 4 à 9 % plus élevés en comparaison aux coûts d'un toit standards alors que pour l'ajout sur un toit existant, les coûts augmenteront de 67 à 130 % pour un toit en béton et de 145 à 270 % pour un toit en acier. (Trottier, 2008) En ce sens, les coûts relatifs à l'entretien doivent aussi être considérés. Une étude allemande a d'ailleurs démontré que sur l'ensemble de sa durée de vie, les coûts de maintenance de ce type de système pouvaient atteindre près de 40\$/m² pour un toit vert extensif et 380\$/m² pour un toit vert intensif (Porsche et Köhler, 2003).

Tout compte fait, le coût marginal au moment de l'achat (installation) ainsi que les coûts relatifs à l'entretien récurrent du système sont des freins économiques importants en termes d'accessibilité. À moins d'intégrer des activités générant des revenus ou permettant de générer des économies, l'ensemble de ces éléments laisse croire que la rentabilité entourant cette phytotechnologie demeure discutable.

5.4.3 Les exigences techniques et réglementaires

À ce jour, la végétalisation du bâtiment au Québec ne figure pas dans la *Loi sur le bâtiment* et le *Code du bâtiment*. À l'exception des toitures végétalisées qui ont fait l'objet d'un guide technique à respecter, il n'existe aucune exigence spécifique aux murs végétalisés. Étant à l'intention des intervenants impliqués dans ce type de projet comme les concepteurs, les professionnels, les entrepreneurs et les propriétaires, le guide expose les critères techniques à respecter dans la construction de toits végétalisés. La RBQ considère les toitures végétalisées comme composante du toit du bâtiment et précise que :

« La conformité est cependant difficile à atteindre, car les normes et les dispositions portant sur la combustibilité des couvertures, les charges de calcul et la séparation des milieux différents ne sont pas précisées dans le Code pour les toits végétalisés. Il est donc obligatoire qu'une demande de mesures équivalentes soit adressée à la RBQ pour ce type de construction »
Régie du bâtiment du Québec [RBQ], 2015)

La RBQ précise qu'un toit végétalisé pourra être construit sur un bâtiment assujéti au Code sans faire l'objet d'une demande de mesures équivalentes si tous les critères techniques du guide sont respectés. Ces critères concernent les conditions de base à respecter, les composantes requises et l'étanchéité, les charges structurales, la résistance au soulèvement dû au vent et à l'érosion, le calcul hydraulique, les dégagements, la protection contre la propagation de l'incendie et l'entretien (RBQ, 2015). Il faut savoir que ce guide a largement été critiqué par les acteurs de l'industrie, car les normes rendent le processus d'approbation complexe plus particulièrement à propos des bâtiments existants (Pronovost, 2016).

5.4.4 Les risques en matière de sécurité civile

À ce jour, la littérature montre que la végétalisation du bâtiment fait encore l'objet de débats lorsqu'il s'agit de sécurité civile, cela plus particulièrement en matière de prévention contre les incendies.

L'Allemagne fait bonne figure dans la compréhension et la prise en compte des risques d'incendie. Dans le cas d'une toiture végétalisée, les autorités considèrent que les risques ne sont pas plus élevés en comparaison à un toit conventionnel dans le cas où elle respecte la réglementation. L'interdiction d'utiliser des matériaux inflammables et l'obligation de créer une bande coupe-feu suffisamment large aux abords de la végétation sont quelques exemples de mesures pouvant être prises (Dunnet et Kingsbury, 2008). Des tests ont également démontré que certaines plantes peuvent même devenir un facteur retardataire d'incendie. Selon Breuning, cela s'explique par le fait que les feux ont de la difficulté à enflammer la

matière organique. En comparaison à une toiture conventionnelle à base de bitume par exemple, le risque d'incendie d'un toit végétalisé serait 15 à 20 fois moins élevé. (Breuning, 2007)

À cet effet, les autorités montréalaises avancent dans un rapport que les installations composées de végétaux à enracinement superficiel comme les mousses, les sédums et les herbacés présentent de faibles risques d'incendie. Toutefois, la présence d'une végétation mal entretenue ou n'ayant pas assez d'eau comporterait des risques d'incendie importants. Le concepteur doit tout de même démontrer que la composition du système comprend une séparation coupe-feu et tient compte des normes dictées dans le *Code de construction du Québec* et des règles municipales en matière de prévention contre l'incendie (Ville de Montréal, 2014). Le MAMROT quant à lui avance que la présence d'un toit vert peut ralentir la propagation d'un incendie plus particulièrement lorsque le substrat est saturé d'eau. Néanmoins, les risques d'incendie sont existants si les plantes sont sèches (Boucher, 2006).

Des aménagements inappropriés peuvent aussi endommager l'enveloppe du bâtiment. Dans le cas de plantes grimpantes à crampons par exemple, une étude allemande a démontré qu'elles peuvent endommager la surface se trouvant sous couverture végétale. En termes de proportion, 83 % du mur ancien était intact alors que 16 % étaient légèrement et 1 % sévèrement endommagé (Köhler, 1993). Comportant des risques de fissures, certaines plantes à racines aériennes peuvent se faufiler à travers les interstices afin d'étendre leurs racines. À cela s'ajoutent les risques d'obstruction des gouttières et de croissance hors de la surface souhaitée. Or, l'installation d'un système adapté et l'entretien fréquent s'avère nécessaire afin de prévenir les risques avancés précédemment. (Dunnet et Kingsbury, 2008)

5.4.5 Les risques d'infection et d'allergies

Bien qu'elle puisse accroître la biodiversité et la qualité de vie des individus, la végétalisation peut générer d'effets indésirables puisqu'elle peut attirer des espèces indésirables présentant des risques pour la santé des individus et/ou des plantes. La présence de papillons, de tourterelles, de pigeons, d'écureuils, d'abeilles, de moustiques et d'araignées en sont quelques exemples (Landreville, 2005). En effet, la végétalisation pourrait comporter des risques d'allergies ou d'infections comme celles liées aux insectes, à la moisissure, aux pollens et à l'émission d'un contaminant par exemple.

La présence de la flore peut, dans une certaine mesure, attirer certains insectes dangereux comme ceux à venins. Au Québec, les plus fréquents sont les hyménoptères comme les abeilles, les guêpes et les bourdons. Une pique peut occasionner de la douleur, des réactions allergiques, voir même l'hospitalisation (Hotte, 2016). La végétation peut aussi comporter des risques liés aux concentrations de pollens dans l'air. En dépit du fait qu'aucune étude n'a traité de manière bien précise de la corrélation entre la densité des espaces végétalisés et le nombre de cas de réactions allergiques aux pollens, des experts comme ceux de l'Association des Allergologues et Immunologues du Québec (AAIQ) avancent

que la flore peut occasionner des problèmes de santé. En règle générale, les sources de pollens sont les arbres de mars à juin, les graminées et le gazon de mai à août ainsi que l'herbe à poux d'août à octobre. Étant légers, les pollens sont facilement transportés par les vents dans l'atmosphère ce qui veut dire que l'exposition ne peut pas être entièrement évitée (Hotte, 2016). En guise de solution, il est possible de choisir des espèces végétales dégageant de plus faibles concentrations de pollen et présentant un potentiel d'interactions moins important avec d'autres allergènes. Les bonnes pratiques relatives à l'entretien permettent aussi de contrôler les risques (Demers, 2015).

L'utilisation de pesticides peut comporter des risques d'infection pour l'individu et de contamination pour l'environnement. Étant bien connues sur le plan théorie et parfois prouvées sur le plan pratique, ces substances peuvent s'avérer dangereuses et persistantes en raison de leurs propriétés toxicologiques, physicochimiques et biochimiques. Pouvant afficher un temps de demi-vie élevé, plusieurs d'entre elles affichent un potentiel de bioaccumulation important. Qu'ils soient immédiats ou prolongés, les effets négatifs des pesticides peuvent altérer la santé des organismes vivants (Samuel, Dion, St-Laurent et April, 2012).

Dans tous les cas, il importe de souligner qu'aucune recherche scientifique ne semble avoir été réalisée afin d'étudier spécifiquement les risques d'allergies et d'infections liées à la végétalisation. Les choix d'aménagement et les pratiques d'entretien semblent être parmi les solutions afin de réduire les risques potentiels liés aux infections, aux allergies et à l'émission d'un contaminant dans l'environnement.

5.4.6 La préservation des végétaux

La durée de vie des végétaux composant le système est susceptible de varier en fonction de plusieurs facteurs. La considération des conditions environnementales, des différents types de systèmes, des modes d'entretien ainsi que des risques liés aux maladies et aux parasites doivent être considérés puisqu'ils peuvent augmenter significativement la pérennité des végétaux.

À propos des conditions environnementales, il faut savoir que le choix des végétaux extérieurs doit tenir compte de l'emplacement, de la hauteur du bâtiment, de la profondeur du substrat, de l'ombrage, de l'intensité des vents, de l'efficacité du système d'irrigation, de la fertilisation, de la pluviométrie et de la pollution atmosphérique pour préserver les plantes. Par exemple, des plantes n'ayant pas une capacité d'enracinement suffisante pourraient se faire arracher sous la force du vent. De même que des plantes dépourvues de l'énergie du soleil ou d'eau suffisante pourraient mourir. Il faut donc tenir compte de la rusticité des plantes en fonction du climat (Landreville, 2005). Le Centre d'écologie urbaine de Montréal a d'ailleurs publié un guide recensant une soixantaine de végétaux adaptés aux milieux urbains achalandés (Garant, Geoffroy, Hutchinson et Poisson, 2013). La considération des conditions environnementales et de la rusticité des plantes a donc pour effet de préserver à long terme les espèces végétales.

Par ailleurs, les végétaux ne sont pas à l'abri des phytoravageurs, des espèces envahissantes et autres maladies pouvant littéralement compromettre leur survie (Reece et al., 2012). Un bon exemple est celui de l'agrile du frêne aussi appelé *Agrilus planipennis*. Introduit en Amérique du Nord depuis 2002, cet insecte parasite s'attaque à la cime de l'arbre et entraîne la mort de l'arbre. À titre indicatif, l'insecte aurait décimé plus de 100 millions de frênes de 2002 à 2014 dans les 24 États et provinces touchés en Amérique du Nord (Conseil québécois des espèces exotiques envahissantes [CQEEE], 2014).

Tout compte fait, de manière à préserver les végétaux et prévenir les risques liés aux parasites, aux maladies, aux espèces envahissantes, il est nécessaire d'entretenir fréquemment le système selon les besoins requis par l'aménagement. Les interventions préventives de fertilisation, de fauchage, de taillage, de vérification du système de drainage, de désherbage drainant contribuent à accroître la protection des plantes contre les menaces existantes. (Dunnet et Kingsbury, 2008)

5.4.7 La pluralité des compétences professionnelles

Les projets de végétalisation du bâtiment reposent sur un processus de conception intégrée nécessitant la création d'équipes de travail pluridisciplinaire. Bien que cette approche puisse complexifier les échanges et prolonger la durée des travaux, elle suscite le partage de connaissances entre les différents experts et stimule le développement de compétences variées. L'architecte, l'ingénieur, l'entrepreneur général, le couvreur, le fournisseur de matériaux, l'agronome, l'horticulteur et l'architecte du paysage sont quelques exemples d'acteurs pouvant être sollicités dans la réalisation d'un tel projet (Nerenberg, 2005).

CONCLUSION

La végétalisation du bâtiment est un moyen phytotechnologique complexe à traiter en raison de la multitude et de l'étendue de ses impacts réels et/ou potentiels. Rappelons que l'objectif général de recherche était de cerner l'impact de la végétalisation du bâtiment comme solution durable pour les organisations. Ce travail repose donc sur une approche globalisante intégrant la prise en compte d'enjeux et d'impacts environnementaux, sociaux et économiques liés au contexte organisationnel québécois.

Étant complémentaire à l'atteinte de l'objectif de l'étude, l'état des lieux de la végétalisation du bâtiment au Québec a permis de dégager plusieurs constats intéressants. Les données les plus récentes du *Green Roofs for Healthy Cities* montrent que le Québec est loin d'être un leader en matière de végétalisation du bâtiment. Par ailleurs, l'inventaire effectué sur le Web a démontré que la majorité des projets se trouvent dans la CCM et que les instigateurs sont principalement le secteur institutionnel pour les toitures et le secteur privé pour les murs végétalisés. Contrairement aux murs végétalisés, des projets de toitures végétales ont été réalisés partout à travers la province. L'inventaire a également exposé que le nombre de toitures végétalisées (136 projets) est largement supérieur au nombre de murs végétalisés (27 projets) pour la période analysée, soit de 2003 à 2017. L'état des lieux a surtout démontré qu'il y a actuellement un réel manquement relatif à l'accessibilité de l'information. Dans ces conditions, il peut s'avérer difficile de mesurer l'apport global et de suivre adéquatement l'évolution de cette phytotechnologie au Québec.

De façon à expliquer comment ce moyen technologique peut contribuer à résoudre durablement et systématiquement des enjeux en DD, une revue de littérature portant sur la prise en compte d'une vingtaine d'enjeux a été produite. Les principaux constats effectués ont révélé que cette phytotechnologie pouvait résoudre ou atténuer plusieurs problèmes sur le plan environnemental comme ceux liés à la pollution sonore, la pollution de l'air, la pollution hydrique, les émissions de GES, les ICU, la gestion des eaux pluviales, la perte de biodiversité, la perte de services écosystémiques, la durée de vie des matériaux et l'utilisation de l'espace disponible. Sur le plan sociétal, la végétalisation du bâtiment contribuerait à accroître l'égalité des chances et à réduire les écarts entre les classes sociales, notamment en créant une richesse collective en matière de prévention de problèmes de santé, de valorisation de l'éducation, de lutte contre l'insécurité alimentaire, de bienfaits en termes de SE rendus, de mise en valeur du patrimoine immobilier, de participation citoyenne et de collaboration entre les individus. Finalement, sur le plan économique, cette phytotechnologie peut stimuler la création de valeur et générer des économies comme celles liées de rendement thermique du bâtiment.

De sorte à rapporter et analyser les perceptions d'organisations sur la végétalisation du bâtiment, une enquête a aussi été effectuée auprès de sept organisations possédant une toiture et/ou un mur végétalisé intérieur ou extérieur construit entre 2003 et 2017 dans la province du Québec. Les renseignements recueillis montrent que les principales motivations en début de projet sont de répondre à la mission et/ou

aux valeurs de l'organisation ainsi que de créer un milieu de vie attrayant et agréable pour les individus de sorte à accroître l'attractivité de l'organisation. Les principales craintes révélées sont les défis techniques liés à la conception et à la construction, c'est-à-dire l'espace et le dégagement nécessaire, l'étanchéité, l'enveloppe du bâtiment, la capacité structurelle, le drainage, l'irrigation, la luminosité. Les autres craintes les plus récurrentes relèvent des défis financiers, c'est-à-dire le rendement, le dépassement de budget et les coûts de construction, d'entretien et d'opération. Aux yeux de la plupart des gestionnaires, l'un des principaux défis rencontrés pendant le projet de végétalisation du bâtiment est le manque d'informations en matière de conception, notamment au sujet des conditions techniques. Les retombées les plus souvent mentionnées sont que la végétalisation s'avère bénéfique en matière d'éducation et/ou de sensibilisation auprès du grand public, qu'elle permet de projeter une image positive et qu'elle contribue à accroître l'attractivité de l'organisation. À l'exception de deux organisations, toutes les autres ont affirmé vouloir refaire un projet végétalisation du bâtiment. L'une des principales limites révélées par les répondants est liée aux coûts de construction et/ou d'entretien du système dans un souci de rentabilité. Finalement, les ICU, l'éducation, la santé et le mieux-être, l'utilisation de l'espace urbain ainsi que la biodiversité et les SE sont les principaux enjeux auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus aux yeux des gestionnaires ayant participé à l'enquête. Les principaux enjeux auxquels les gestionnaires jugent connaître peu se rapportent principalement à la sécurité civile et à la gestion des ressources humaines.

De manière à expliquer comment la végétalisation du bâtiment peut être considérée ou non comme une solution durable pour les organisations, une analyse a été faite à partir des 16 principes de la *Loi sur le développement durable*. L'analyse a démontré que la végétalisation peut être considérée globalement comme une solution durable pour les organisations sous certaines conditions. À vrai dire, ce moyen respecte entièrement deux principes, soit la protection de l'environnement ainsi que la santé et qualité de vie. En guise d'exemple, sur le plan environnemental, cette phytotechnologie respecte le principe de préservation de la biodiversité, mais le manque de connaissances et d'expertise horticole auprès des organisations constitue un frein à la préservation de la biodiversité composant les systèmes. Sur le plan social, elle respecte le principe d'accès au savoir, mais encore une fois, le manque d'accessibilité de l'information est un frein important à soulever. Sur le plan économique, la végétalisation respecte le principe d'efficacité économique, mais qu'un projet peut être difficilement rentable s'il n'est pas adapté au contexte ainsi qu'aux objectifs établis en termes de création de valeur. Sur le plan transversal, elle respecte le principe de protection du patrimoine culturel, mais sans nécessairement tenir compte de sa rareté et de sa fragilité, cela plus particulièrement à propos des enjeux de conservation architecturale du patrimoine immobilier existant. Succinctement, les principes de production et de consommation responsable, de prévention, de pollueur-payeur, de respect de la capacité de support des écosystèmes, de partenariat et de coopération ainsi que de participation et engagement de subsidiarité et de précaution sont respectés, mais dans une plus faible mesure. Par manque de renseignements, l'analyse n'a pas

permis d'établir si la végétalisation du bâtiment respecte le principe d'internalisation des coûts. Il serait pertinent de traiter davantage des externalités négatives de ce moyen tout au long de son cycle de vie.

La synthèse des renseignements recueillis et les résultats obtenus dans le cadre de l'analyse peuvent favoriser la compréhension et la diffusion de connaissances à ce sujet, cela plus particulièrement auprès de gestionnaires intéressés par ce moyen ou d'intervenants motivés à poursuivre l'émergence de cette phytotechnologie. Cette étude ouvre à de nouveaux questionnements relatifs à certains enjeux moins présents dans la littérature ou à certains impacts méritant d'être plus approfondis. Par exemple, il serait intéressant d'étudier l'impact de cette phytotechnologie sur l'attractivité de l'organisation ainsi que sur l'incidence qu'elle peut avoir sur la gestion des ressources humaines. Il serait aussi intéressant d'effectuer une étude comparative entre la toiture et le mur végétalisé afin de déterminer qu'elle serait la meilleure solution en fonction du contexte québécois ou d'objectifs organisationnels pouvant être poursuivis. La complémentarité de ces deux systèmes pourrait aussi être abordée en regard aux mesures vouées à renforcer la biodiversité et accroître la connectivité des milieux naturels en milieu urbain. Il a été soulevé que, sauf quelques exceptions, le cadre législatif actuel n'oblige pas les propriétaires d'un bâtiment à installer ou un toit/mur végétalisé pour compenser les atteintes à la qualité de l'environnement. Il serait donc pertinent d'étudier plus en profondeur la végétalisation comme moyen permettant de respecter le principe de pollueur-payeur. Finalement, il serait intéressant d'étudier spécifiquement quelques contraintes et limites, car certaines incertitudes soulevées dans cette étude mériteraient d'être clarifiées. Par exemple, il serait intéressant de se pencher sur les questions relatives à la sécurité incendie, à l'accessibilité économique ainsi que l'aspect légal et la part de responsabilité des gouvernements vis-à-vis l'application de ce moyen. S'y intéresser pourrait mitiger certaines craintes et stimuler l'innovation afin d'améliorer l'intégration de cette phytotechnologie en fonction des réalités sur le terrain.

LISTE DES RÉFÉRENCES

- Agence de la santé publique du Canada [ASPC]. (2018). *Fiches d'informations sur les changements climatiques et la santé publique : Quelle est la cause des inondations*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/promotion-sante/sante-publique-environnementale-changements-climatiques/fiches-information-changements-climatiques-sante-publique-inondations.html>
- Agence internationale de l'énergie [AIE]. (2017). *World Energy Outlook 2017*. Repéré à <https://www.iea.org/weo2017/>
- Akpınar, A. (2016). How is Quality of Urban Green Spaces Associated with Physical Activity and Health?. *Urban Forestry & Urban Greening*, 16, 76-83.
- Alaimo, K., Packnett, E., Miles, R.A. et Kruger, D.J. (2008). Fruit and Vegetable Intake Among Urban Community Gardeners, *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 40(2), 94-101.
- Alcock, I., White, M.P., Wheeler, B.W., Fleming, L.E. et Depledge, M.H. (2014). Longitudinal Effects on Mental Health of Moving to Greener and Less Green Urban Areas. *Environmental Science & Technology*, 48(2), 1247-1255.
- Alto₂. (2015). *Les certifications en bâtiment durable au Canada : État des lieux – Québec* (1^{ère} édition). Repéré à http://www.alto2.ca/images/pdf/ALTO2-Etat_des_lieux_certification_batiments_durables-Canada-Quebec-Septembre-2015.pdf
- Amélioration de la rénovation toiture maison et coffre de toit. (2016). Toitures et terrasse végétalisées : Tout savoir sur les toits verts ! Appartenant à toiture végétale intensive. Repéré à <http://yardleyguesthouse.com/toiture-vegetale-intensive/toitures-et-terrasse-vegetalisees-tout-savoir-sur-les-toits-verts-appartenant-a-toiture-vegetale-intensive/>
- Amundsen, A.H., Klæboe, R. et Aasvang, G.M. (2011). The Norwegian Façade Insulation Study: The Efficacy of Façade Insulation in Reducing Noise Annoyance due to Road Traffic. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129(3), 1381-1389.
- Andrén, H. (1994). *Effects of Habitat Fragmentation on Birds and Mammals in Landscapes with Different Proportions of Suitable Habitat: A Review*. *Oikos*, 71(3). Wiley on behalf of Nordic Society Oikos : Lund, Suède.
- Angers M. (2005). *Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines* (5^e édition). Anjou, Québec : Les Éditions CEC inc.
- Anquez, P. et Herlem, A. (2011). *Les îlots de chaleur dans la région Métropolitaine de Montréal : causes, impacts et solutions*. Chaire de responsabilité sociale et développement durable, École des sciences de la gestion [ESG], Université du Québec à Montréal [UQAM]. Repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/ARROND_RPP_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PDF-ILOTS.PDF
- Apparicio, P., Cloutier, M.S. et Shearmur, R. (2007). The case of Montreal's missing food deserts: Evaluation of accessibility to food supermarkets. *International Journal of Health Geographics*, 6(1).
- Astell-Burt, T., Feng, X. et Kolt, G.S. (2014). Green space is associated with walking and moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) in middle-to-older-aged adults: findings from 203 883 Australians in the 45 and Up Study. *British Journal of Sports Medicine*, 48(5), 404-406.

- Babin, B. (2015). Chapitre deux : La biodiversité et les services écosystémiques comme fondements d'un développement durable. Dupras, J. et Revéret, J-P (dir.), *Nature et économique : un regard sur les écosystèmes du Québec*. Québec. Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Babinsky, P. (2017). *Inondations un phénomène naturel qui coûte cher au Canada : Comprendre les enjeux derrière le risque*. Repéré à <http://www.chad.ca/fr/membres/pratique-professionnelle/industrie-enjeux-et-specialites/catastrophes-naturelles-et-environnement/471/inondations-un-phenomene-naturel-qui-coute-cher-au-canada>
- Bansal, T. (2017). *Développement durable en entreprise*. Réseau entreprise et développement durable [REDD]. Repéré à <https://redd.nbs.net/p/introduction-developpement-durable-en-entreprise-ref3da471-e85b-400d-abc0-314644a00780v>
- Bass, B. et Baskaran, B. (2001). *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas*. Ottawa: National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. Repéré à <https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/bass.pdf>
- Beaupré, D., Cloutier, J., Gendron, C., Jiménez, A. et Morin, D. (2008). Gestion des ressources humaines, développement durable et responsabilité sociale. *Revue internationale de Psychosociologie*, 33(14), 77-140.
- Beckley, T. (1995). Community Stability and the Relationship Between Economic and Social Well-Being in Forest-Dependant Communities. *Society & Natural Resources*, 8, 261-266.
- Bélanger Michaud, H. (2013). *Comparaison coûts-bénéfices de la forestation urbaine comme stratégie d'atténuation des îlots de chaleur* (Essai de maîtrise en gestion de l'environnement). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada. Repéré à https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/7031/cufe_Belanger-Michaud_H__2013-02-20_essai237.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bergeron, A. (2004). *La rénovation des bâtiments* (3^e tirage). Québec, Québec, Canada : Les Presses de l'Université Laval.
- Bernier, A.M. (2011). *Végétalisation du bâtiment en milieu urbain : Bénéfices et perspectives* (mémoire de maîtrise en science de l'environnement). Université de Montréal [UdeM], Montréal, Québec, Canada. Repéré à <http://www.archipel.uqam.ca/4022/1/M11946.pdf>
- Berteaux, D. (2014). *Changements climatiques et biodiversité du Québec : Vers un nouveau patrimoine naturel*. Canada, Québec : Les Presses de l'Université du Québec.
- Bertrand, L., Thérien, F. et Cloutier, M.S. (2008). Measuring and mapping disparities in access to fresh fruits and vegetables in Montreal, *Canadian Journal of Public Health*, 99(1), 5-11. Repéré à <http://journal.cpha.ca/index.php/cjph/article/view/1582/1772>
- Binh An, V.V. (Journaliste). (2018). Relier forêts urbaines : Entrevue avec Andrew Gonzalez [Reportage]. *Découverte*. Montréal, Québec : ICI Radio-Canada. Repéré à <https://ici.tou.tv/decouverte?r>
- Bringslimark, T., Patil, G.G. et Hartig, T. (2008). The association between indoor plants, stress, productivity and sick leave in office workers. *International Society for Horticultural Science*, 775, 117–121.

- Bouchard M. et Smargiassi, A. (2007). *Estimation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Québec : Essai d'utilisation du Air Quality Benefits Assessment Tool* (Rapport de la Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels de l'Institut de santé publique du Québec [INSPQ]). Repéré à https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/817_impactssanitairespollutionatmos.pdf
- Boucher, I. (2006). *Les toits verts* (Document de veille du Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire [MAMROT]). Repéré à https://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/observatoire_municipal/veille/toits_verts.pdf
- Boucher, I. et Fontaine, N. (2010) *La biodiversité et l'urbanisation : Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable* (Document de veille du Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire [MAMROT]). Repéré à https://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/developpement_durable/biodiversite_urbanisation_complet.pdf
- Bogar, S. et Beyer, M.K. (2015). *Green Space, Violence, and Crime : A Systematic Review*. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/274319355_Green_Space_Violence_and_Crime_A_Systematic_Review
- Bouyer, J. (2009). *Modélisation et simulation des microclimats urbains - Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments* (thèse de doctorat en ambiances architecturales et urbaines). École polytechnique de l'Université de Nantes, Nantes, France. Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00426508/document>
- Bozonnet, E., Allard, F., Musy, M., Chazelas, M. et Guarracino, G. (2006). *URBAT : Approche méthodologique de la construction durable en milieu urbain : le microclimat urbain et son impact environnemental sur les constructions*. Repéré à <https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/GIP-BE/hal-00285957v1>
- Brenneisen, S. (2005). *Proceedings of the Third Annual international Green Roofs Conference : Greening Rooftops for Sustainable Communities* (Washington, DC). Toronto: The Cardinal Group.
- Breuning, J. (2007). *Do we Need a Belt, Suspenders and a Nail in our Belly Button to Hold our Pants? Fire and wind on extensive green roofs*. The Green Roof Infrastructure Monitor 9.
- Brooklyn Grange. (s.d.). *Site Web : Brooklyn Grange*. Repéré à <https://www.brooklyngrangefarm.com/sustainability/>
- Bureau de normalisation du Québec [BNQ]. (2013). *Lutte aux îlots de chaleur urbains – Aménagement des aires de stationnement – Guide à l'intention des concepteurs* (Guide normatif BNQ 3019-190).
- Bureau d'Assurance du Canada [BAC]. (2013). *Travaillons ensemble : Les dernières nouvelles sur les assureurs habitation, automobile et entreprise du Québec*. Repéré à http://www.bac-quebec.qc.ca/data/fr/EDI_QC_Fr_2013.pdf
- Cantor, S. (2008). *Green Roofs in Sustainable Landscape Design*. États-Unis, New York : W.W. Norton & Company.
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail [CCHST]. (2018). *Qualité de l'air intérieur - Moisissures et champignons*. Repéré à http://www.cchst.ca/oshanswers/biol_hazards/iaq_mold.html

- Centre intégré universitaire de santé et de service sociaux [CIUSSS] de l'Estrie. (2016). *Changements climatiques : qu'en est-il des risques pour la santé des Estriens?* (Bulletin d'information de la direction de santé publique de l'Estrie). Repéré à https://www.santeestrie.qc.ca/clients/CIUSSS-CHUS/medias-publications/publication/bulletin/vision-sante-publique/2016/30_Vision_sante_publique_Changements_climatiques.pdf
- Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services [CIRAIG]. (s.d.). *Approche cycle de vie*. Repéré à <http://www.ciraig.org/fr/acv.php>
- Chawla, L., Keena, K., Pevec, I. et Stanley, E. (2014). Green Schoolyards as Havens from Stress and Resources for Resilience in Childhood and Adolescence. *Health & Place*, 28, 1-13.
- Chevassus-au-Louis, B. (2015). Chapitre un : L'évaluation des services écologiques dans les milieux anthropisés : enjeux, concepts, méthodes, usages. Dupras, J. et Revéret, J.P. (dir.), *Nature et économique : un regard sur les écosystèmes du Québec*. Québec. Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité au travail [CNESST]. (2017). *Statistiques sur les lésions attribuables au stress en milieu de travail 2012-2015*. Repéré à <http://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/300/Documents/DC300-321web.pdf>
- Communauté métropolitaine de Montréal [CMM]. (2016). *Portrait du grand Montréal édition 2016* (Cahiers métropolitains No. 5). Repéré à http://cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/periodique/cahiersMetropolitains_no05.pdf
- Communauté métropolitaine de Québec [CMQ]. (2015). *Milieux naturels d'intérêt pour la biodiversité sur le territoire de la CMQ*. Repéré à https://www.cmquebec.qc.ca/_media/document/2790/cmq-milieux-naturels-web.pdf
- Compton, S. et Whitlow, T. (2006). *A Zero-discharge Green Roof System and Species Selection to Optimize Evapotranspiration and Water Retention* (In Proceedings of the Fourth Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities). Canada, Ontario, Toronto : The Cardinal Group.
- Conseil du bâtiment durable du Canada [CBDCa]. (2013). *Rapport annuel 2013*. Repéré à https://www.cagbc.org/cagbcdocs/corporate/CaGBC-AR-2014_fre_web.pdf
- Conseil du bâtiment durable du Canada [CBDCa]. (2012). *Rapport annuel 2012*. Repéré à https://www.cagbc.org/cagbcdocs/CaGBC_2012%20Annual%20Report_En_WEB.pdf
- Conseil du bâtiment durable du Canada [CBDCa]. (2014). *Le bâtiment durable au Canada : Évaluer les impacts et les opportunités sur le marché*. Repéré à https://www.cagbc.org/cagbcdocs/Le_B%C3%A2timent_Durable_Au_Canada_CaGBC_et_Delphi_Rapport_Sommaire.pdf
- Conseil du bâtiment durable du Canada [CBDCa]. (2016). *Rapport annuel 2016*. Repéré à https://www.cagbc.org/cagbcdocs/aboutcagbc/CaGBC_2016AR_FRE.pdf
- Conseil québécois des espèces exotiques envahissantes [CQEEE]. (2014). *À propos de l'agrile*. Repéré à http://agrile.cqeee.org/?page_id=1475

- Cooper, C. et Browning, B. (2015). *Human Spaces : Incidence globale du design biophilique sur l'environnement de travail*. Repéré à http://interfaceinc.scene7.com/is/content/InterfaceInc/Interface/EMEA/eCatalogs/Brochures/Human%20Spaces%20report/French/ec_eu-humanspacesreport-fr.pdf?utm_campaign=EMEA_France_FR_18_Q1_Human%20Spaces%20Reports_Download%20Confirmation&utm_medium=email&utm_source=Eloqua
- Corriveau, J. (20 février 2008). Montréal – Les îlots de chaleur se multiplient. *Le Devoir*. Repéré à <http://www.ledevoir.com/politique/regions/176947/montreal-les-ilots-de-chaleur-se-multiplient>
- Daigle, G., Rumble, R., Clairbois, J.P., Cocchi, A., Kim, D.H., Akerlöf, L., Hothershall, D.,... Menge, C.W. (1999). Technical Assessment of the Effectiveness of Noise Walls (approved by the International Institute of Noise Control Engineering). *Noise/News International*, 137-161.
- D'Arisso, D. (2018). Chapitre 3 : Portrait de la formation générale des jeunes au Québec en quelques indicateurs. Joanis, M. et Montmarquette, C. (dir.), *Le Québec économique : Éducation et capital humain*. Canada, Québec, Québec : Les presses de l'Université Laval.
- Demers, I. (2015). *Stratégie québécoise de réduction de l'herbe à poux et des autres pollens allergènes 2015-2017* (Rapport de l'Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]). Repéré à <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2015/15-244-02W.pdf>
- Déoux, S. et Déoux P. (2004). *Guide de l'Habitat sain*. Saint-Priest, France : Medieco Editions.
- Desjardins. (2015). *Le plus haut mur végétal intérieur au monde est chez Desjardins*. Repéré à <https://blogues.desjardins.com/coopmoi/2014/05/le-plus-haut-mur-vegetal-interieur-au-monde-est-a-levis.php>
- Desmond, D., Grieshop, J. et Subramaniam, A. (2003). *Revisiting Garden-based Learning in Basic Education: Philosophical Roots, Historical Foundations, Best Practices and Products, Impacts, Outcomes, and Future Directions*. Sustainable Development Department (SD), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Repéré à <http://www.fao.org/3/a-aj462e.pdf>
- Des Rosiers, F., Thériault, M., Kestens, Y. et Villeneuve, P. (2002). Landscaping and House Values: An Empirical Investigation. In American Real Estate Society. *Journal of Real Estate Research*, 23(5), 139-161. Repéré à http://pages.jh.edu/jrer/papers/pdf/past/vol23n0102/09.139_162.pdf
- Di, H.F. et Wang, D.N. (1999). Cooling Effect of Ivy on a Wall. *Experimental Heat Transfer*, 12. 235-245.
- Dictionnaire Antidote. (s. d.). Canada, Québec, Montréal : Druide.
- Dictionnaire Usito. (s. d.). Canada, Québec, Sherbrooke : Université de Sherbrooke.
- DODG Data & analytics. (2016). *SmartMarket Report : World Green Building Trends 2016*. Repéré à <http://fidic.org/sites/default/files/World%20Green%20Building%20Trends%202016%20SmartMarket%20Report%20FINAL.pdf>
- Drapeau, A. (2014). *Détresse psychologique : Risque élevé chez les jeunes adultes et chez les femmes quel que soit l'âge* (Publication de l'Institut universitaire de santé mentale de Montréal). Repéré à <http://www.iusmm.ca/recherche/nouveaux-savoirs/detresse-psychologique.html>
- Dubois, C. (2014). *Adapter les quartiers et les bâtiments au réchauffement climatique ; Une feuille de route pour accompagner les architectes et les designers urbains québécois* (Thèse en cotutelle : Doctorat sur mesure en ambiances physiques architecturales et urbaines). Université Laval, Québec, Canada et Institut National des Sciences Appliquées [INSA], Toulouse, France. Repéré à http://ocpm.qc.ca/sites/ocpm.qc.ca/files/pdf/P80/4.7.12_20160209_cdubois_ocpvm.pdf

- Dunnett, N. et Kingsbury, N. (2008). *Toits et murs végétaux* (Nouvelle édition revue et augmentée). France : Éditions du Rouergue.
- Dupras, J., Revérêt J.P., et Toussaint, J.P. (2015). Chapitre onze : Le transfert d'avantages et l'analyse spatiale : Le cas du Grand Montréal. Dupras, J. et Revêret, J.P. (dir.), *Nature et économique : un regard sur les écosystèmes du Québec*. Québec. Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Dymont, J.E. (2005). *Gaining Ground: The Power and Potential of School Ground Greening in the Toronto District School Board*. Canada, Ontario, Toronto: Evergreen.
- Dzhambov, A.M. et Dimitrova, D.D. (2014). Urban Green Spaces Effectiveness as a Psychological Buffer for the Negative Health Impact of Noise Pollution: A systematic Review. *Noise & Health*, 16(70), 157-165.
- Ebisu, K., Holford, T.R. et Bell, M.L. (2016). Association Between Greenness, Urbanicity, and Birth Weight. *Science of the Total Environment*, 542, 750-756.
- Ellebjer, L. (2008). *Noise Reduction in Urban Areas from Traffic and Driver Management: A toolkit for City Authorities* (Sustainable Development, Global Change & Ecosystems Integrated Project – Contract N. 516288). European Commission DG Research. Repéré à https://www.researchgate.net/profile/Selina_Mardh/publication/265108157_Noise_Reduction_in_Urban_Areas_from_Traffic_and_Driver_Management/links/56c72bcb08ae408dfe52d1ac/Noise-Reduction-in-Urban-Areas-from-Traffic-and-Driver-Management.pdf
- Encyclopédie Larrouse. (s. d.). France, Paris : Éditions Larrouse.
- Environnement et changement climatique Canada. (2014). *Tendances en matière d'émissions au Canada, 2014 : Chapitre 2*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/publications/tendances-matiere-emissions-2014/chapitre-2.html>
- Environnement et ressources naturelles Canada. (2015). Causes des changements climatiques. *Section Météo, climat et catastrophes naturelles - changements climatiques - comprendre les changements climatiques*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/causes.html>
- Environnement et ressources naturelles Canada. (2017). *Sources et puits de gaz à effet de serre : sommaire*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/changements-climatiques/emissions-gaz-effet-serre/sources-puits-sommaire.html>
- Équiterre. (2017). *Analyse de cycle de vie de la Maison du développement durable : L'impact des matériaux*. Repéré à https://equiterre.org/sites/fichiers/rapportacv_final_web.pdf
- Fjeld, T. (2000). The Effect of Interior Planting on Health and Discomfort Among Workers and School Children. *HortTechnology*, 10, 46-52.
- Garant, D. (2009). *La problématique des surverses dans l'agglomération montréalaise : Les aménagements alternatifs et complémentaires aux bassins de rétention* (Essai de maîtrise en gestion de l'environnement). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada. Repéré à https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2009/GarantD_-_29-09-09.pdf

- Garant, D., Geoffroy, B., Hutchinson, S. et Poisson, M. (2013). *Aménager des îlots de fraîcheur et améliorer les espaces de vie : Guide pour les gestionnaires d'habitation* (Publication du Centre d'écologie urbaine de Montréal). Repéré à <https://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/guide-techniques-documents/9-guide-sur-le-verdissement/file>
- Geerts, P. (2016, 21 octobre). Des façades végétalisées pour des bâtiments et des villes durables. *CGconcept*. Repéré à <https://cgconcept.fr/des-facades-vegetalisees-pour-des-batiments-et-des-villes-durables/>
- Gehl, J. (2012). *Pour des villes à échelle humaine* (préface de Jean-Paul L'Allier). Canada, Québec, Montréal : Les éditions Écosociété.
- Genter, C., Roberts, A., Richardson, J. et Sheaff, M. (2015). The Contribution of Allotment Gardening to Health and Wellbeing: A systematic Review of the Literature. *British Journal of Occupational Therapy*, 78(10), 593-605.
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (s. d.). Fiche terminologique « entreprise citoyenne ». Repéré à https://www.oqlf.gouv.qc.ca/actualites/capsules_hebdo/terminologie_citoyenne_20040226.html
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (1984). Fiche terminologique « court terme ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=9487004
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (1984). Fiche terminologique « long terme ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8424709
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2006a). Fiche terminologique « création de valeur ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8375642
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2006b). Fiche terminologique « fidéliser ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=507779
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2006c). Fiche terminologique « Parties prenantes ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8376872
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2010a). Fiche terminologique « organisation ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26505492
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2010b). Fiche terminologique « empreinte carbone ». Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26505089
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2010c). Fiche terminologique « durable ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26506335
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2010d). Fiche terminologique « durabilité ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26506529
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2011a). Fiche terminologique « bâtiment durable ». http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26507061
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2011b). Fiche terminologique « îlot de chaleur ». Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26505089
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2013a). Fiche terminologique « Service écosystémique ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26540328

- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2013b). Fiche terminologique « empreinte écologique ». Repéré à http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8350251
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2015). Fiche terminologique « biodiversité ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26506449
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2017). Fiche terminologique « externalité ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26544551
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2018). Fiche terminologique « verdissement ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26532874
- Grand dictionnaire terminologique [GDT]. (2015). Fiche terminologique « biodiversité ». Repéré à http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26506449
- Green Roofs for Healthy Cities. (2017). *2016 Annual Green Roof Industry Survey Executive Summary*. Repéré à <https://static1.squarespace.com/static/58e3eecf2994ca997dd56381/t/5967869229687ff1cfbb6ada/1499956889472/GreenRoofIndustrySurvey2016ExecutiveSummary.pdf>
- Green Roofs for Healthy Cities. (2016). *2015 Annual Green Wall Industry Survey*. Repéré à file:///Users/lebeufpa/Downloads/2015_GreenWallIndustryReport.pdf
- Gidlow, C.J., Randall, J., Gillman, J., Smith, G.R. et Jones, M.V. (2016). Natural environments and chronic stress measured by hair cortisol. *Landscape & Urban Planning*, 148, 61-67.
- Giguère, M. (2009). *Revue de littérature : Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains* (Rapport de la Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels de l'Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]). Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/988_MesuresIlotsChaleur.pdf
- Gillen, D. (2007). *Noise and the Full Cost Investigation in Canada: Final Report - Estimation of Noise Costs due to Road, Rail and Air Transportation in Canada, Vancouver*. Centre for Transportation Studies, University of British Columbia. Repéré à <http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0965872.pdf>
- Global Footprint Network. (2013). *Ecological Wealth of Nations, section Countries Ranked by Ecological Footprint per Capita (in global hectares) – Canada*. Repéré à http://www.footprintnetwork.org/content/documents/ecological_footprint_nations/ecological_per_capita.html
- Godin, P. (2012). *Planter un jardin en bas sur les toits : Guide pour les milieux institutionnel et commercial* (Centre d'écologie urbaine de Montréal). Repéré à <https://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/guide-techniques-documents/11-guide-sur-lagriculture-urbaine/file>
- Godmaire, H. et Demers, A. (2009). *Eaux Usées et Fleuve Saint-Laurent : Problèmes et solutions* (Rapport de l'Union Saint-Laurent Grands Lacs). Repéré à https://rqge.qc.ca/wp-content/uploads/2014/01/eaux_usees-brochure.pdf
- Gorelick, S., Merrifield T. et Norberg-Hodge, H. (2005). *Manger Local : un choix écologique et économique*. Montréal. Canada : Les éditions Écosociété.

- Gravel, A. (11 novembre 2016). Un an après le « Flushgate » (entrevue avec Harout Chitilian). *ICI Radio-Canada*. Repéré à http://ici.radio-canada.ca/emissions/gravel_le_matin/2015-2016/chronique.asp?idChronique=421637
- Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC]. (2013). *Changements climatiques 2013 – Les éléments scientifiques* (extraits de la contribution du groupe de travail 1 au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts sur l'évolution du climat). Repéré à http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf
- Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J. Davies, K.F., Gonzalez, A., Holt, R.D.,... Townshend, J.R. (2015). Habitat Fragmentation and its Lasting Impact on Earth's Ecosystems (Research article). *Science Advances*. Repéré à <http://advances.sciencemag.org/content/advances/1/2/e1500052.full.pdf>
- Halewyn, M.A., Leclerc, J.M., King, N., Bélanger, M., Legris, M. et Frenette, Y. (2002). *Les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur* (Rapport scientifique de la direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels et du Laboratoire de santé publique du Québec). Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/126_RisquesMoisissuresMilieuInterieur.pdf
- Hébert, M.Y. (23 septembre 2017). Agriculture urbaine : Des fermes en ville [Reportage]. *La semaine verte*. Montréal, Québec : ICI Radio-Canada. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/tele/la-semaine-verte/site/segments/reportage/39476/agriculture-urbaine-fermes-ville-toits-lufa>
- Horwitz, P., Kretsch, C., Jenkins, A., Rahim Bin Abdul Hamid A., Burls, A., Campbell, K., Carter, M.,... Wright, P. (2015). *Chapter 12 : Contribution of Biodiversity and Green Spaces to Mental and Physical Fitness, and Cultural Dimensions of Health*. World Health Organization and Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Repéré à <https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/19908/SOK-biodiversity-en.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hotte, S. (2016). *Site Web de l'Association des Allergologues et Immunologues du Québec [AAIQ]*. Repéré à <https://allerg.qc.ca/index.php>
- Hutchinson, D., Abrams, P., Retzlaff, R. et Liptan, T. (2003). *Stormwater Monitoring of Two Ecoroofs in Portland, Oregon, USA (In Proceeding of the First Annual International Green Roofs Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago, may 2003)*. Toronto : The Cardinal Group.
- Hydro-Québec. (2018). *Histoire de l'électricité au Québec – Chronologie*. Repéré à <http://www.hydroquebec.com/histoire-electricite-au-quebec/chronologie/>
- Hystad, P., Davies, H.W., Frank, L., Loon, J.V., Gehring, U., Tamburic, L. et Brauer, M. (2014). Residential Greenness and Birth Outcomes: Evaluating the Influence of Spatially Correlated Built Environment Factors. *Environmental Health Perspectives*, 122(10), 1095-1102.
- IGA. (2017). *IGA présente le plus grand potager bio sur un toit de supermarché au pays* (communiqué de presse). Repéré à https://www.iga.net/fr/salle_de_presse/communiques_2017/iga_presente_le_plus_grand_potager_bio_sur_un_toit_de_supermarche_au_pays
- IMT and Appraisal Institute. (2013). *Green Building and Property Value: A Primer for Building Owners and Developers*. Repéré à <https://www.appraisalinstitute.org/assets/1/7/Green-Building-and-Property-Value.pdf>

- Institut national de santé publique [INSPQ]. (s. d.). *Les inondations*. Repéré à <http://www.monclimatmasante.qc.ca/public/inondations.aspx>
- Institute of Medicine [IOM]. (2011). *Climate Change, the Indoor Environment and Health. Committee on the effect of climate change on indoor air quality and public health*. États-Unis, Washington, DC : *National Academies Press*.
- Jacquet, S. (2011). *Performance énergétique d'une toiture végétale au centre-ville de Montréal* (Rapport du Centre d'écologie urbaine de Montréal). Repéré à <https://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/etudes-documents/13-etude-sur-les-toits-verts/file>
- James, P., Hart, J.E., Banay, R.F. et Laden, F. (2016). Exposure to Greenness and Mortality in a Nation Wide Prospective Cohort Study of Women. *Environmental Health Perspectives*, 124(9).
- Jiang, B., Li, D., Larsen, L. et Sullivan, W.C. (2016). A Dose-response Curve Describing the Relationship Between Urban Tree Cover Density and Self-reported Stress Recovery. *Environment & Behavior*, 48(4), 607-629.
- Joerin, F., Després, C., Potvin, A., Rodriguez, M., Vachon, G. et Vandermissen, M.H. (2014). *Changements climatiques et transformation urbaine : un projet de recherche-action pour renforcer la résilience de la Communauté métropolitaine de Québec*. (Rapport final de projet #551006-XPI). Repéré à file:///Users/lebeufpa/Downloads/RapportJoerin2014_FR.pdf
- Kats, G. et Glassbrook, K. (s. d.). *Washington, DC Smart Roof Cost-Benefit Report*. Repéré à http://cap-e.com/wp-content/uploads/2015/04/DC_SmartRoofReport_2015-04-16.pdf
- Köhler, M. (1993). *Fassaden-und Dachbegrünung*. Stuttgart, Ulmer.
- Korpela, K. M., Stengård, E. et Jussila, P. (2016). Nature Walks as a Part of Therapeutic Intervention for Depression. *Ecopsychology*, 8(1), 8-15.
- Kuo, F.E. et Sullivan, W.C. (2001a). Aggression and Violence in the Inner City - Effects of Environment via Mental Fatigue. *Environment & Behavior*, 33(4). 543-571. Repéré à : <https://pdfs.semanticscholar.org/9ca8/a34eee31d42ac2235aa6d0b9b6e7a5f32386.pdf>
- Kuo, F.E. et Sullivan, W.C. (2001b). Environment and Crime in the Inner City – Does Vegetation Reduce Crime. *Environment & Behavior*. Repéré à : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.644.9399&rep=rep1&type=pdf>
- Landreville, M. (2005). *Toiture verte à la montréalaise* (Rapport de recherche sur l'implantation de toits verts à Montréal). Québec, Montréal : Société de Développement communautaire de Montréal.
- Lassalle, F. (2008). *Guide technique : végétalisation extensive des terrasses et toitures* (deuxième édition). France : Éditions du Moniteur.
- Larsen, K. et Gilliland, J. (2009). A Farmers' Market in a Food Desert: Evaluating Impacts on the Price and Availability of Healthy Food. *Health & Place*, 15(4), 1158–1162.
- Larsen, L., Adams, J., Deal, B., Kweon, B.S. et Tyler, E. (1998). Plants in the Workplace: The Effects of Plant Density on Productivity, Attitudes, and Perceptions. *Environment and Behaviour. SAGE Social Science Collection*, 30(3), 261-281. Repéré à <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/001391659803000301>

- Lebel, G., Busque, D., Therrien, M., Walsh, P., Paradis, J., Brault, M.P. et Canuel, M. (2012). *Bilan de la qualité de l'air au Québec en lien avec la santé, 1975-2009* (Rapport de l'Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]). Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1432_BilanQualiteAirQcLienSante1975-2009.pdf
- Lecomte, C. et Walter, E. (s. d.). Une toiture durable, efficace, et respectueuse de l'environnement. *Écohabitation*. Repéré à <http://www.ecohabitation.com/guide/toiture-durable-efficace-respectueuse-environnement>
- Lessard, M. et Marquis, H. (1972). *Encyclopédie de la maison québécoise : 3 siècles d'habitations*. Ottawa, Ontario, Canada : Les éditions de l'homme, division de Sogides LTÉE.
- Lessard, Y. (2017). *Modélisation de l'influence de la sélection des matériaux sur le profil environnemental du cycle de vie d'un bâtiment à bureaux : Évaluation critique de LEED V4* (essai de maîtrise en gestion de l'environnement). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada. Repéré à http://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/10131/Lessard_Yannick_MScA_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Liu, K. (2004). *Field Roofing Facility, phase I* (Report of NRC's). Canada, Ontario, Ottawa : National Research Council Canada.
- Loi sur la qualité de l'environnement*. L.R.Q., c. Q-2
- Loi sur le développement durable*, L.R.Q., c. D-8.1.1
- Maas, J., Van Dillen, S.M., Verheij, R.A. et Groenewegen, P.P. (2009). Social Contacts as a Possible Mechanism Behind the Relation Between Green Space and Health. *Health Place*, 15(2), 586-595.
- Malone, K. et Tranter, P. (2003). Children's Environmental Learning and the Use, Design and Management of Schoolgrounds. *Children Youth and Environments*, 13(2), 87-137.
- Markevych, I., Thiering, E., Fuertes, E., Sugiri, D., Berdel, D., Koletzko, S., Von Berg, A., Bauer, C.P. et Heinrich, J. (2014a). A Cross-sectional Analysis of the Effects of Residential Greenness on Blood Pressure in 10-year old Children: Results From the GINIplus and LISApplus Studies. *BMC Public Health*, 14(1), 399-418.
- Markevych, I., Fuertes, E., Tiesler, C.M.T., Birk, M., Bauer, C.P., Koletzko, S., Von Berg, A., Berdel, D.J. et Heinrich, J. (2014b). Surrounding Greenness and Birth Weight: Results from the GINIplus and LISApplus Birth Cohorts in Munich. *Health & Place*, 26, 39-46.
- Marques, C. et Bouzou, N. (2016). *Les espaces verts urbains : Lieux de santé publique, vecteurs d'activité économique* (Rapport ASTERES). Repéré à <http://www.observatoirevillesvertes.fr/wp-content/uploads/2017/04/Aster%C3%A8s-Les-espaces-verts-urbains-24-mai-2016.pdf>
- Martin, P. (2008). *Analyse diachronique du comportement thermique de Montréal en période estivale de 1984 à 2005* (mémoire de maîtrise en géographie). Université du Québec à Montréal [UQAM], Montréal, Canada. Repéré à <https://archipel.uqam.ca/1290/1/M10526.pdf>
- Martin, R., Deshaies, P. et Poulin, M. (2014). *Contexte sociolégislatif et revue des effets du bruit sur la santé, la sécurité et l'économie* (Présentation au cours de la journée « Briser le silence sur le bruit environnemental » dans le cadre des 18^{ème} journées annuelles de santé publique). Repéré à https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/jasp/archives/2014/JASP2014_BriserSilence_26Nov_PDeshaies.pdf

- Martin, R., Deshaies, P. et Poulin, M. (2015). *Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains* (Avis scientifique de la Direction des risques biologiques et de la santé au travail de l'Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2048_politique_lutte_bruit_environnemental.pdf
- Martineau, G. (2011). *Analyse du cycle de vie des impacts environnementaux découlant de l'implantation de mesures d'atténuation d'îlots de chaleur urbains* (Rapport final du CIRAIG). Repéré à https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1322_acvimpactsenvironimplanmesuresattenuilotschaleururbains.pdf
- McGraw Hill Construction. (2014). *Canada Green Building Trends : Benefits Driving the New and Retrofit Market*. Repéré à <https://www.cagbc.org/cagbcdocs/resources/CaGBC%20McGraw%20Hill%20Cdn%20Market%20Study.pdf>
- McLennan, J.F. (2004). *The Philosophy of Sustainable Design. The Future of Architecture*. États-Unies, Missouri, Kansas City : ECOtone.
- McMorris, O., Villeneuve, P.J., Su J. et Jerrett, M. (2015). Urban Greenness and Physical Activity in a National Survey of Canadians. *Environmental Research*, 94-100.
- Ménard, J. (2009). *Au-delà des chiffres... une affaire de cœur. L'épaule à la roue : comment le Québec peut se mobiliser contre le décrochage scolaire*. Repéré à https://www.bmo.com/bmo/files/images/7/2/complet_Au_dela_des_chiffres.pdf
- Mentens, J. Raes, D. et Hermy, M. (2003). *Stormwater Monitoring of Two Ecoroofs in Portland, Oregon, USA (In Proceeding of the First Annual International Green Roofs Conference : Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago, mai 2003)*. Toronto : The Cardinal Group.
- Mercier, C. et Turcotte, G. (8 novembre 2014). Fermes urbaines à New York [Reportage]. *La semaine verte*. Montréal, Québec : ICI Radio-Canada. Repéré à http://ici.radio-canada.ca/emissions/la_semaine_verte/2010-2011/
- Michaud, D.S., Keith, S.E. et McMurchy, D. (2005). Noise Annoyance in Canada, *Noise & Health*, 7(27), 39-47.
- Michaud, D.S., Keith, S.E. et McMurchy, D. (2008). Annoyance and disturbance of daily activities from road traffic noise in Canada. *J Acoust.Soc Am*, 123(2), 784-792.
- Michaels, M. (2014). *The Therapeutic Benefits of Community Gardening: An Exploration of the Impact of Community Gardens Through the Lens of Community Psychology* (A doctoral project submitted to the faculty of the California School of Professional Psychology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Psychology). Alliant University, Los Angeles, Californie, États-Unis. Repéré à <https://pqdtopen.proquest.com/doc/1418021261.html?FMT=ABS>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation [MAPAQ]. (2016). *Importations internationales* (Tableau – Principaux produits bioalimentaires importés de l'étranger par le Québec). Repéré à : <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/statistiques/Pages/Importationsinternationales.aspx>
- Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation [MÉSI]. *Plan d'action de développement durable 2016-2020 : Créer de la valeur pour tous*. Repéré à https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents_soutien/developpement_durable/PADD_2016-2020.pdf

- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [MERN]. (2014a). Politique énergétique 2016- 2025 : Consommation. Repéré à <http://politiqueenergetique.gouv.qc.ca/energie-au-quebec/consommation/>
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [MERN]. (2014b). Politique énergétique 2016- 2025 : Émissions de GES. Repéré à <http://politiqueenergetique.gouv.qc.ca/energie-au-quebec/emissions-ges/>
- Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles [MERN]. (2013). *Gros plan sur l'énergie : Statistiques énergétiques, sections Consommation totale d'énergie – Consommation de gaz naturel – Pétrole et gaz naturel – Importations et exportations de pétrole et de produits pétroliers*. Repéré à <http://mern.gouv.qc.ca/energie/statistiques/index.jsp>
- Ministère de la Sécurité publique [MSP]. (2016). *Criminalité au Québec : principales tendances 2015*. Repéré à https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/police/statistiques/criminalite/2016/criminalite_2015.pdf
- Ministère de la Sécurité publique [MSP]. (2018). *Le gouvernement du Québec dévoile son plan d'action relatif aux inondations* (Communiqué de presse). Repéré à <https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/ministere/salle-presse/communiques/detail/14725.html>
- Ministère de la Sécurité publique [MSP]. (2017). *Inondations printanières 2017 – Aide financière bonifiée*. Repéré à <https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-civile/aide-financiere-bonifiee-2017/bilan-et-perspectives.html>
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur [MEES]. (2017). *Plus de 655 M\$ pour la rénovation des écoles du Québec - Le ministre Sébastien Proulx lance la saison des travaux de l'été 2017* (communiqué de presse). Repéré à <http://www.education.gouv.qc.ca/salle-de-presse/communiques-de-presse/detail/article/plus-de-655-m-pour-la-renovation-des-ecoles-du-quebec-le-ministre-sebastien-proulx-lance-la-saiso/>
- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire [MAMROT]. (2010) *Le bâtiment durable : Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable*. Repéré à https://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/amenagement_territoire/urbanisme/guide_batiment_durable.pdf
- Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire [MAMROT]. (2014). *Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2013* (Rapport : ouvrages de surverses et stations d'épuration). Repéré à https://www.mamrot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/ministere/acces_information/Diffusion_informations/2017-122_rapport_ouvrage_municipaux_assainissement_eau_partie_5.pdf
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC]. (2015). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2013/Inventaire1990-2013.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC]. (2018). *Le développement durable : repères historiques*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/reperes.htm>
- Moore, R.C. (1997). The Need for Nature: A Childhood Right. *Social Justice*, 24(3-69), 203-220.

- Musée Royal 22^e Régiment. (2017). *La Citadelle : Son histoire*. Repéré à <http://www.lacitadelle.qc.ca/fr/la-citadelle/son-histoire.html>
- Murphy, S.D. et Martin, R.G.L. (2001). Urban Ecology in Ontario, Canada: Moving Beyond the Limits of City and Ideology. *Environments*, 29(1), 67-84.
- National Research Council. (2007). *Green Schools: Attributes for Health and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press. Repéré à <https://doi.org/10.17226/11756>
- Nelson, J. (2004). Meta-analysis of airport noise and hedonic property values. *Journal of Transport Economics and Policy*, 38(1), 1-27.
- Nerenberg, J. (2005). *Projet-pilote de toit vert : Démarche d'une construction écologique* (Rapport du Centre d'écologie urbaine de Montréal). Repéré à <https://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/etudes-documents/40-projet-pilote-toit-vert-ceum-2005/file>
- New York City Economic Development Corporation [NYCEDC]. (2011). *Economic Snapshot: A Summary of New York City's Economy*. Repéré à https://www.nycedc.com/sites/default/files/files/economic-snapshot/EconomicSnapshotAugust2011_0.pdf
- Norsk Folkemuseum. (s.d.). Setesdal, *sections The Open Air Museum - The Countryside - Setesdal*. Repéré à <https://norskfolkemuseum.no/en/setesdal>
- Nowak, J. (2014). *The Effects of Urban Trees on Air Quality (Report of USDA Forest Service, Syracuse, NY)*. Repéré à <http://www.fs.fed.us/ne/syracuse/TREE%20Air%20Qual.pdf>
- O'Brien, L., Burls, A., Bentsen, P., Hilmo, I., Holter, K., Haberling, D., Pirnat, J.,... McLoughlin, J. (2011). Outdoor Education, Life Long Learning and Skills Development in Woodlands and Green Spaces: The Potential Links to Health and Well-Being. Nilsson, K., Sangster, M., Gallis, C., Hartig, T., De Vries, S., Seeland K. et Schipperijn J. (dir.), *Forests, Trees and Human Health*, Springer Netherlands (343-372). Repéré à https://doi.org/10.1007/978-90-481-9806-1_12
- Observatoire de la Consommation Responsable [OCR]. (2017). *Baromètre de la consommation responsable – Édition Québec 2017*. Repéré à https://ocresponsable.com/wp-content/uploads/2017/11/BCR_2017_Final_V2.pdf
- Office québécois de la langue française [OQLF]. (2013). Vocabulaire du développement durable « développement durable ». Repéré à https://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bibliotheque/dictionnaires/terminologie_deve_durable/fiches/developpement_durable.html
- Oke, T.R. (1987). *Boundary layer climates* (2^e éd.). London : Routledge.
- Olivier, A., Alam M., Paquette, A., Dupras, J., et Revéret, J.P. (2015). Chapitre huit : L'évaluation économique des services écosystémiques produits par les systèmes agroforestiers intercalaires en milieu tempéré. Dupras, J. et Revéret, J.P. (dir.), *Nature et économie : un regard sur les écosystèmes du Québec*. Québec. Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Olivier, M. (2015). *Chimie de l'environnement : Hydrosphère, atmosphère, lithosphère, technosphère*. (2^e édition). Longueuil, Québec : Lab Éditions.
- Organisation mondiale de la Santé [OMS]. (1998). *Sécurité et promotion de la sécurité : Aspects conceptuels et opérationnels*. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/149_SecuritePromotion.pdf

- Ouranos. (s. d.). *L'évaluation des avantages et des coûts de l'adaptation aux changements climatiques*. Repéré à https://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/observatoire_municipal/etudes_donnees_statistiques/evaluation_avantages_couts_adaptation.pdf
- Ouranos (2015). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Édition 2015. Montréal, Québec : Ouranos. Repéré à <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf>
- Peck, S.W., Callaghan, C., Kuhn, M.E. et Bass, B. (1999). *Greenbacks from Greenroofs : Forging a New Industry in Canada*. Canada, Ontario, Toronto: Canada Mortgage et Housing Corp. Repéré à <https://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/Greenbacks.pdf>
- Porsche, U. et Köhler, M. (2003). *Life-cycle Costs of Green Roofs. Proceedings from RIO3–World Climate & Energy Event*, 461–466.
- Pronovost, F. (2016, 28 septembre). *Exiger des toits verts? Voir vert*. Repéré à <http://www.voirvert.ca/communaute/blogues/francis-pronovost/exiger-toits-verts>
- Reece, J., Urry, L., Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P. et Jackson, R. (2012). *Campbell Biologie* (4e éd.). Saint-Laurent, Québec : Éditions du renouveau pédagogique inc.
- Régie du bâtiment du Québec [RBQ]. (2015). *Critères techniques visant la construction de toits végétalisés*. Repéré à <https://www.rbq.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/Publications/francais/guidecriteres-techniques-construction-toits-vegetalises.pdf>
- Ressources naturelles Canada. (2014). *Améliorer le rendement énergétique de votre bâtiment : Introduction à l'analyse comparative énergétique*. Repéré à http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oeefiles/pdf/publications/commerciaux/BenchmarkPrimer_fra.pdf
- Robitaille, E. et Bergeron, P. (2013). *Accessibilité géographique aux commerces alimentaires au Québec : analyse de situation et perspectives d'interventions* (Rapport de la direction du développement des individus et des communautés de l'Institut national de santé publique du Québec [INSPQ]). Repéré à : https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1728_accessgeocommalimentqc.pdf
- Roy, R. et Thomassin, P. (2015). Chapitre neuf : La valeur des terres agricoles et son intégration dans le système des comptes nationaux du Canada : Une application de la méthode de prix hédoniques. Dupras, J. et Revéret, J.P. (dir.), *Nature et économie : un regard sur les écosystèmes du Québec*. Québec. Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Salomon, T. et Aubert, C. (2004). *Fraîcheur sans clim. Le guide des alternatives écologiques*. Paris, France : Terre vivante.
- Samuel, O., Dion, S., St-Laurent, L. et April, M.H. (2012). *Indicateur de risque des pesticides du Québec (IRPeQ) : Santé et environnement* (2^e édition). Repéré à https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1504_indicrisquespesticides_2edition.pdf
- Sandink, D. (2010). *Guide de prévention des inondations de sous-sols* (Rapport de l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques). Repéré à http://www.iclr.org/images/Inondations_de_sous-sols_-_IPSC-ICLR_-_2009.pdf
- Santropol Roulant. (2018). *Qu'est-ce que le roulant – Agriculture – Toit vert du roulant*. Repéré à <https://santopolroulant.org/fr/>

- Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique. (2014). *La biodiversité : le fondement du développement durable*. Repéré à <https://www.cbd.int/development/doc/sdg-feb2014-info-fr.pdf>
- Sharp, B.H., Connor, T.L., McLaughlin, D., Clark, C., Stansfeld, S.A. et Hervey, J. (2014). *Assessing Aircraft Noise Conditions Affecting Student Learning* (Final Report). Washington (DC), Airport Cooperative Research Program (ACRP): Transportation Research Board of the National Academies.
- Société de l'assurance automobile du Québec [SAAQ]. (2016). *Données et statistiques 2015*. Repéré à <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/donnees-statistiques-2015.pdf>
- Société québécoise de phytotechnologie [SQP]. (2017). Que sont les phytotechnologies? Repéré à <http://www.phytotechno.com/definitions/>
- Statistique Canada. (2013). *Population urbaine et rurale, par province et territoire* (Québec). Repéré à <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l02/cst01/demo62f-fra.htm>
- Statistique Canada (2018). *Taux décrochage scolaire, 2014* (enquête sur la population active). Repéré à <https://qe.cirano.qc.ca/theme/resultats-scolaires/tableau-taux-decrochage-scolaire-2014>
- Tabeaud, M. (2010). Climats urbains: Savoirs experts et pratiques sociales. *Ethnologie française*, 40(4), 685-694. Repéré à <https://www.cairn.info/revue-ethnologie-francaise-2010-4-page-685.htm>
- Taylor, A.F., Kuo, F.E. et Sullivan, W.C. (2001). Coping with ADD: The Surprising Connection to Green Play Settings. *Environment and Behavior*, 33(1), 54-77.
- Tavin, A. et Leseur, A. (2016). *Végétaliser la ville : pour quels bénéfices, avec quels financements, suivis et gouvernances des projets*. Repéré à <https://www.i4ce.org/wp-content/uploads/2016/11/1125-I4CE-EtudeClimat52-VegetaliserLesVilles.pdf>
- Trottier, A. (2008). *Toitures végétales: implantation de toits verts en milieu institutionnel*. Montréal: Centre d'écologie urbaine de Montréal, GRIP-UQAM. Repéré à <http://www.ecologieurbaine.net/fr/documentation/etudes-documents/41-toitures-vegetales-implantation-de-toits-verts-en-milieu-institutionnel/file>
- Valiquette, L. et Lombardo, I. (2012). Le BNQ 21000 : Vers une mise en oeuvre de la stratégie de développement durable. Cadieux, J. et Dion, M. (dir.) *Manuel de gestion du développement durable en entreprise : une approche progressive en appui à la norme BNQ 21000*. Sainte-Foy, Québec : Groupe Fides inc.
- Vallée, C. (2017). Potager vertical : une expérience concluante pour l'ITA. *Québec vert*. Repéré à https://www.agrireseau.net/documents/Document_96814.pdf
- Van Den Berg, A.E., Jorgensen, A. et Wilson, E.R. (2014). Evaluating Restoration in Urban Green Spaces: Does Setting Type Make a Difference? *Landscape & Urban Planning*, 127, 173-181.
- Vararoath Meas, M. (2016). *La séquestration naturelle de carbone en milieu urbain : Un outil de lutte contre les changements climatiques à promouvoir* (essai de maîtrise en gestion de l'environnement). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada. Repéré à https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/9637/Meas_Michel_Vararoath_MEnv_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vergriete, Y. et Labrecque, M. (2007). *Rôles des arbres et des plantes grimpantes en milieu urbain: revue de littérature et tentative d'extrapolation au contexte montréalais* (Rapport d'étape destiné au Conseil régional de l'environnement de Montréal). Repéré à <https://ruelevverte.files.wordpress.com/2014/01/roledesarbres.pdf>

- Vézina, M., Cloutier, E., Stock, S., Lippel, K., Fortin, E., Delisle, A., St-Vincent, M.,... Prud'homme, P. (2011). Enquête québécoise sur des conditions de travail, d'emploi et de santé et de sécurité au travail (EQCOTESST). Montréal, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Repéré à http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1336_EnqQuebCondTravailEmpSantSecTravail.pdf
- Ville de Montréal (2014). La construction de toits végétalisés : guide technique pour préparer une solution de rechange (cahier explicatif). Repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/AFFAIRES_FR/MEDIA/DOCUMENTS/TOITSVEGETALISES_CAHIEREXPLICATIF_JANVIER2014.PDF
- Villeneuve, P.J., Jerrett, M., Su, J.G., Burnett, R.T., Chen, H., Wheeler, A.J. et Goldberg M.S. (2012). A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada, *Environmental Research*, 115, 51-58.
- Vivre en Ville. (s. d.). *Verdissement en contexte de densification*. Repéré à <http://collectivitesviables.org/articles/verdissement-en-contexte-de-densification.aspx>
- Vivre en Ville. (2012). *L'agriculture urbaine, composante essentielle des collectivités viables* (mémoire présenté à l'Office de consultation publique de Montréal dans le cadre de la consultation publique sur l'agriculture urbaine). Repéré à https://vivreenville.org/media/4480/venv_agriurb_collviables_mtl_14juin2012.pdf
- Vivre en Ville. (2014a). *Verdir les quartiers, une école à la fois : le verdissement des cours d'école pour une nature de proximité* (Collection outiller le Québec). Repéré à https://vivreenville.org/media/285967/venv_2014_verdirlesquartiers_br.pdf
- Vivre en ville. (2014b). *Objectifs écoquartiers : Principes et balises pour guider les décideurs et les promoteurs*. Repéré à https://vivreenville.org/media/286119/venv_2014_objectifecoquartiers.pdf
- Voir Vert. (s. d.). *Biophilie*. Repéré à <http://www.voirvert.ca/communaute/wiki/biophilie>
- Voogt, J.A. (2002). Urban Heat Islands, *Encyclopedia of global environmental change*, 3, 660-666.
- Walker, L. (1997). *American Shelter – Revised Edition*. Woodstock, New York, États-Unis : The Overlook Press, Peter Mayer Publishers, Inc.
- Wang, H., Qiu, F. et Swallow, B. (2014). Can community gardens and farmers' markets relieve food desert problem? A study of Edmonton, Canada. *Applied Geography*, 55, 127-137.
- Webber, J., Hinds, J. et Camic, P.M. (2015). The Well-Being of Allotment Gardeners: A Mixed Methodological Study, *Ecopsychology*, 7(1), 20-28.
- White, R. (2004). *Interaction with Nature during the Middle Years: Its Importance in Children's Development & Nature's Future*. White Hutchinson Leisure & Learning Group. Repéré à <https://www.whitehutchinson.com/children/articles/downloads/nature.pdf>
- Wildlife Fund of nature [WWF]. (2014). *Rapport Planète vivante 2014 : Des hommes, des espèces, des espaces, et des écosystèmes*. Repéré à http://d2akri9rvxl3z3.cloudfront.net/downloads/lpr2014_rapport_vf_web.pdf
- Wolch, J.R., Byrne, J. et Newell, J.P. (2014). Urban Green Space, Public Health, and Environmental Justice: The Challenge of Making Cities 'Just Green Enough'. *Landscape and Urban Planning*, 125, 234-244.
- Wolf, K. (2007). City Trees and Property Values. *Arborist News*, 16(4), 34-36.

- Wolverton, B. (1989). *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement* (Final report of the National Aeronautics and Space Administration [NASA]). Repéré à <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19930073077.pdf>
- Wood, A., Bahrami, P. et Safarik, D. (2014). *Green Walls in High-Rise Buildings : An output of the Council on Tall Buildings and Urban Habitat Sustainability Working Group*. États-Unis, Illinois, Chicago : Council on Tall Buildings and Urban Habitat
- Zabalza Bribián, I., Capilla, A.V., Usón, A.A. (2011). *Life-cycle Assessment of Building Materials: Comparative Analysis of Energy and Environmental Impacts and Evaluation of the Eco-efficiency Improvement Potential*. *Building and Environment*, 46(5), 1133-1140.
- Zetterquist, M. (2013). *Novel Solutions for Quieter and Greener Cities*, Bandhagen, Sweden, European Union Seventh Framework Programme. Repéré à <http://www.noiseineu.eu/fr/3353-a/homeindex/file?objectid=3067&objectypeid=0>
- Zhou, X. et Rana. M.M.P. (2012). Social Benefits of Urban Green Space: A Conceptual Framework of Valuation and Accessibility Measurements. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 23(2), 173-189.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence canadienne d'inspection des aliments. (2017). *Phytoravageurs / espèces envahissantes : Maladies des plantes*. Repéré à <http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/phytoravageurs-especes-envahissantes/maladies/fra/1322807235798/1322807340310>
- Anberger, A. et Eder, R. (2012). The influence of Green Space on Community Attachment of Urban and Suburban Residents. *Urban Forestry & Greening*. 11(1), 41-49.
- Code de construction du bâtiment*. L.R.Q., c. B-1.1, r. 2
- Code de sécurité du bâtiment*. L.R.Q., c. B-1.1, r. 3
- Communauté métropolitaine de Montréal [CMM]. (2018). *Stratégie métropolitaine de lutte contre l'Argile du frêne*. Repéré à <http://cmm.qc.ca/champs-intervention/environnement/dossiers-en-environnement/agrile-du-frene/>
- Comtois, P. et Gagnon, L. (1988). Concentration pollinique et fréquence des symptômes de pollinose : une méthode pour déterminer les seuils cliniques. *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 28(4), 279-286.
- Fréreau, C. (2010). Toits verts et durables. Deux-Montagnes, Québec : Claude Fréreau Architecte.
- Green Roofs for Healthy Cities (s.d.). About, *section Green Roofs – Green Walls*. Repéré à <https://greenroofs.org/about-green-walls/>
- Jacques, L., Goudreau, S., Plante, C., Fournier, M. et Thivierge, R.L. (2008). *Prévalence des manifestations allergiques associées à l'herbe à poux chez les enfants de l'Île de Montréal* (Rapport de la Direction de la santé publique de Montréal). Repéré à https://publications.santemontreal.qc.ca/uploads/tx_asssmpublications/978-2-89494-746-3.pdf
- Loi sur le bâtiment*. L.R.Q., c. B-1.1
- Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*. L.R.Q., c.A-19.1
- Loi sur les cités et villes*. L.R.Q., c.C-19
- Ministère de la Santé et des Services sociaux [MSSS]. (2017). *Problèmes de santé et problèmes psychosociaux : Maladie de Lyme* (Portail santé mieux-être). Repéré à <http://sante.gouv.qc.ca/problemes-de-sante/maladie-de-lyme/>
- Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère*. L.R.Q., c. Q-2, r. 4.1
- Roy, D. et Munger, R. (2012). *L'économie globale : Les principes fondamentaux* (3^e édition). Montréal, Québec : Groupe Modulo inc.
- Sirois, M.E. (2013). Le mur végétal du Guildford Town centre. *Voir vert*. Repéré à <http://www.voirvert.ca/nouvelles/innovation/le-mur-vegetal-du-guildford-town-centre>
- Villeneuve, G.O. (1959). Bref aperçu climatique du Québec méridional. *Cahier de géographie du Québec*, 3(6). Repéré à <https://www.erudit.org/fr/revues/cgq/1959-v3-n6-cgq2580/020175ar.pdf>

ANNEXE 1 – REPRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE TOITURES VÉGÉTALES

Composantes d'un toit végétalisé

- a. végétation
- b. substrat de croissance
- c. composante (ou couche) de filtrage
- d. composante (ou couche) de drainage et de rétention
- e. barrière anti-racine

Une composante peut remplir plus d'une fonction. La position des composantes peut varier selon le type de toiture végétalisée et le système de couverture sur lequel il est installé.

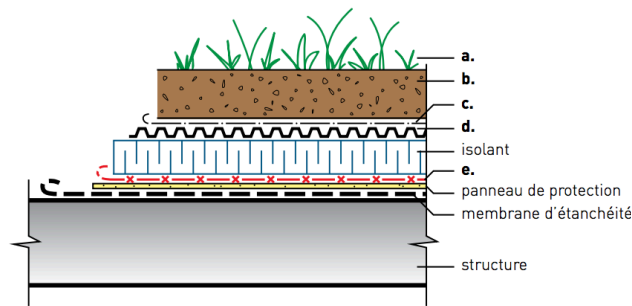


Figure A.1.1 Systèmes d'assemblage végétalisés sur une toiture à membrane protégée (tiré de : RBQ, 2015)

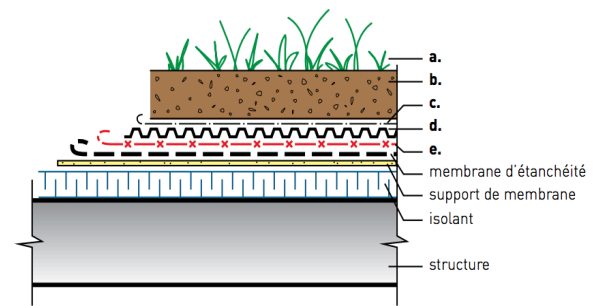
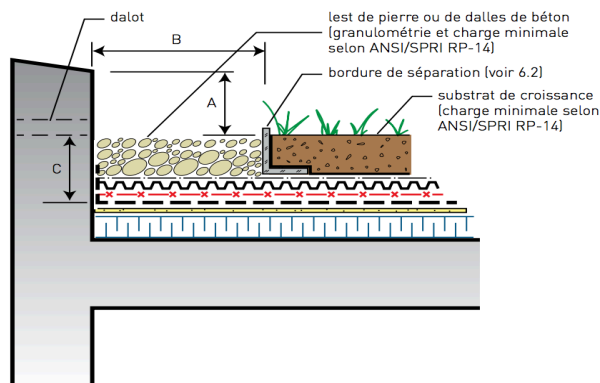


Figure A.1.2 Systèmes d'assemblage végétalisés sur une toiture conventionnelle (tiré de : RBQ, 2015)



- A. hauteur minimale du parapet par rapport au niveau du substrat (selon ANSI/SPRI RP-14 mais au moins 150 mm)
- B. largeur de la zone libre de végétation (au moins 500 mm)
- C. hauteur du système d'évacuation secondaire des eaux de pluie, mesuré par rapport à la membrane d'étanchéité

Figure A.1.3 Résistance au soulèvement dû au vent et évacuation secondaire de l'eau de pluie (tiré de : RBQ, 2015)

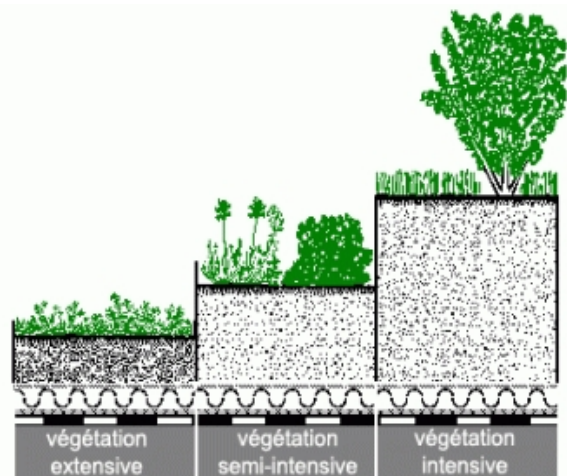


Figure A.1.4 Zones libres de végétation et zones pour la résistance au soulèvement dû au vent (tiré de : Amélioration de la rénovation toiture maison et coffre de toit, 2016)

ANNEXE 2 – REPRÉSENTATION DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE MURS VÉGÉTAUX

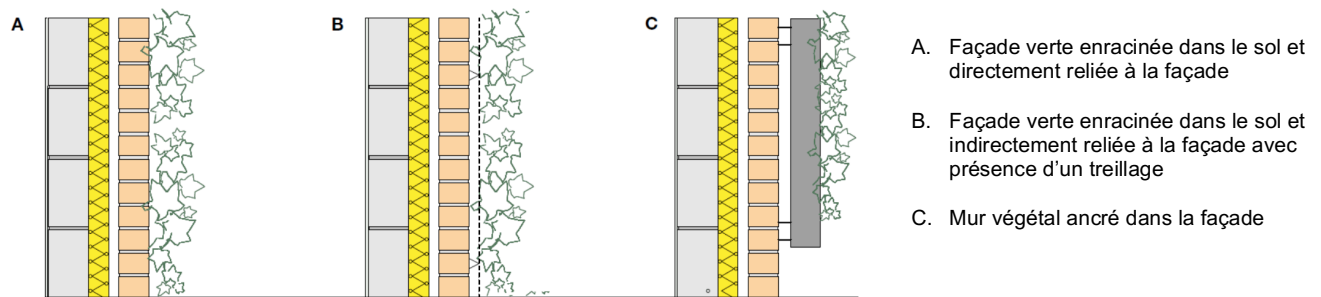


Figure A.2.1 Représentation des façades végétales (tiré de : Geerts, 2016)

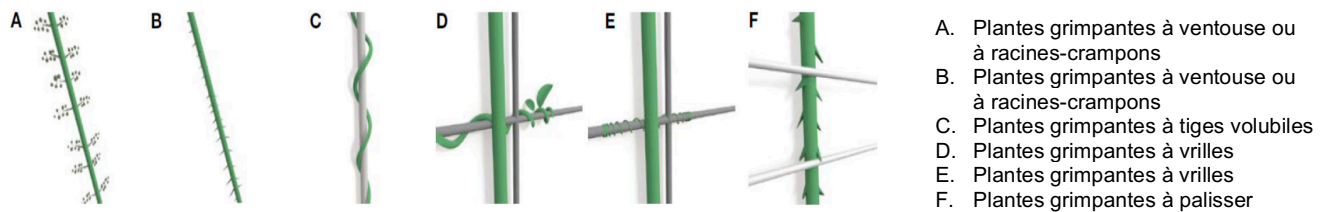


Figure A.2.2 Représentation des plantes grimpantes pour des façades végétales (tiré de : Geerts, 2016)

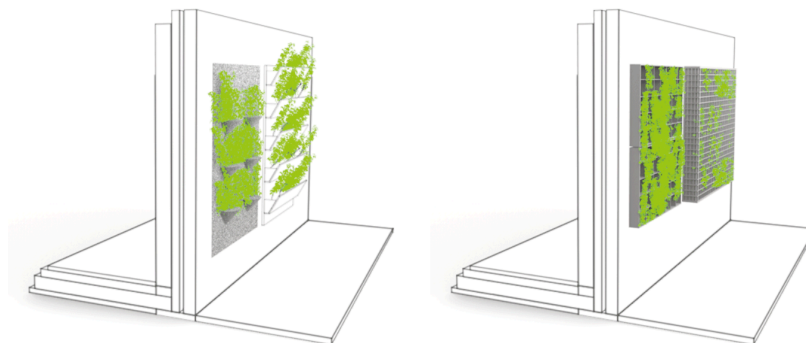
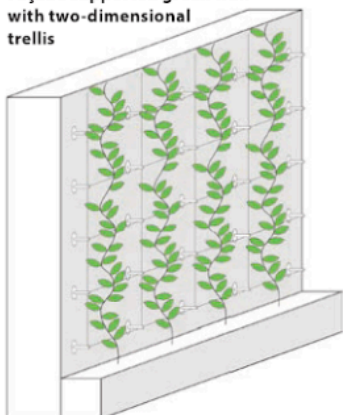
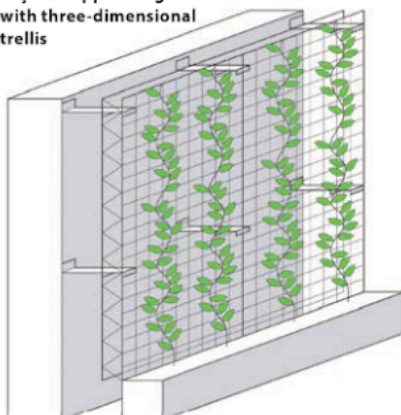


Figure A.2.3 Représentation schématique de différents types de murs vivants (tiré de : Geerts, 2016)

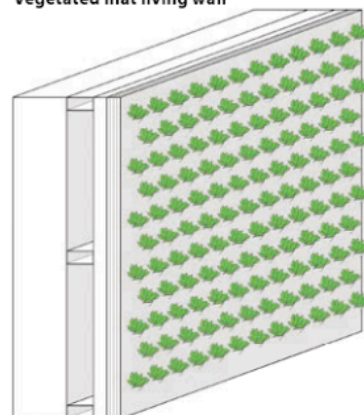
Façade supported green wall with two-dimensional trellis



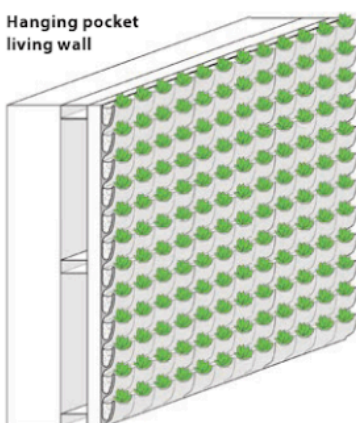
Façade supported green wall with three-dimensional trellis



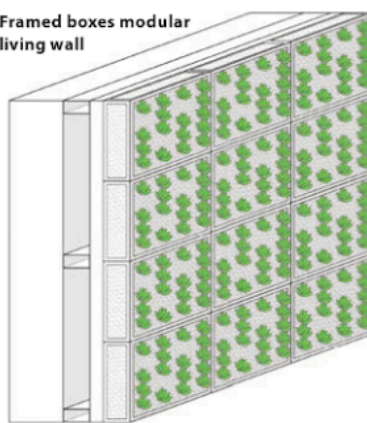
Vegetated mat living wall



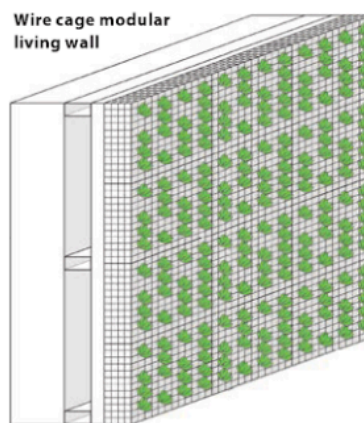
Hanging pocket living wall



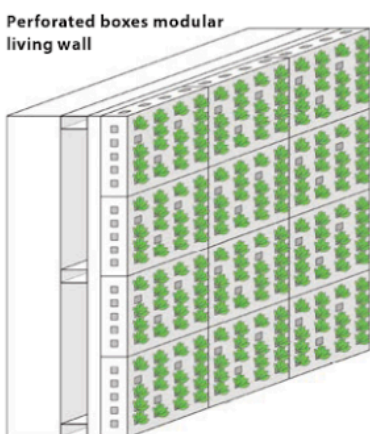
Framed boxes modular living wall



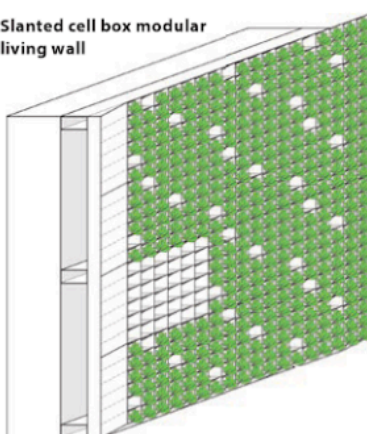
Wire cage modular living wall



Perforated boxes modular living wall



Slanted cell box modular living wall



Trough planters

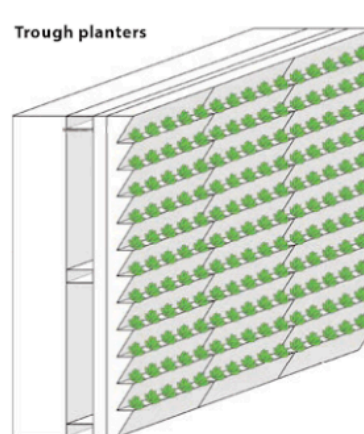


Figure A.2.5 Représentation schématique des différents types de murs végétalisés
(tiré de : Wood, Bahrami et Safarik, 2016)

ANNEXE 3 – RÉSULTATS D'INVENTAIRE DES TOITURES VÉGÉTALISÉES

Tableau A.3.1 Résultats d'inventaire des toitures végétalisées recensées pour la période 2003-2017

Projet	Organisation	Vocation	Localisation	Superficie (en m ²)	Année
Institut de Gériatrie de l'Université de Montréal	Université de Montréal	Institutionnelle	Montréal		2003
Centre culture et environnement Frédéric Back	Centre de l'environnement	Institutionnelle	Québec		2003
Faculté d'architecture du paysage	Université de Montréal	Institutionnelle	Montréal	150	2004
Centre hospitalier de St-Mary's	Centre hospitalier de St-Mary's	Institutionnelle	Montréal		2004
Pavillons Lassonde	École Polytechnique de Montréal	Institutionnelle	Montréal	1000	2004
Édifice Normand-Maurice - 740 Bel-Air	Travaux Publics Canada (TPSGC)	Institutionnelle	Montréal		2005
Toit vert du centre musical Cammac	Centre musical Cammac	Institutionnelle	Harrington (Laurentides)		2005
Bibliothèque de Charlesbourg	Ville de Québec	Institutionnelle	Québec	1800	2006
Le Casse-tête	Roy Rayside	Privée	Montréal	166	2006
Toiture végétalisée récréative	Propriétaire résidentiel	Institutionnelle	Montréal	9,29	2006
Pavillon Charles-De Koninck	Université Laval	Institutionnelle	Québec	500	2006
Toit vert - Maison de la culture Côte-des-Neiges	Arrondissement Côte-des-Neiges–Notre-Dame-de-Grâce	Institutionnelle	Montréal	250	2007
Toit vert - Collège Rosemont	Collège Rosemont	Institutionnelle	Montréal	930	2007
Toit vert - Boisé Notre Dame	Boisé Notre deame	Privée	Laval (CMM)		2007
Toit vert - Centre Horticole de Laval	Commission scolaire de Laval	Institutionnelle	Laval (CMM)		2007
Toiture verte - Abbaye Val Notre Dame	Abbaye Val Notre Dame	OBNL	Saint-Jean-de-Matha (Lanaudière)	650,32	2008
Deux toitures vertes - Bâtiments SAQ	Société des Alcools du Québec (SAQ)	Institutionnelle	Montréal	483,09	2008
Toit vert - Collège Letendre	Collège Letendre	Institutionnelle	Laval (CMM)	371,61	2008
Résidence privée Lac Beauport	Propriétaire résidentiel	Privée	Lac Beauport (CMQ)	74,32	2008
Office du tourisme Ville de Saguenay	Ville de Saguenay	Institutionnelle	Saguenay (Saguenay-Lac-Saint-Jean)	65,03	2008
Toit vert du Collège Lafleche	Collège Lafleche	Institutionnelle	Trois-Rivières (Mauricie)		2008
Toiture verte - Desjardins St-Mathias	Desjardins	Privée	St-Mathias-sur-Richelieu (Montérégie)		2008
Toiture verte - Desjardins Sorel	Desjardins	Privée	Sorel-Tracy (Montérégie)		2008
École primaire de la Grande-Hermine	Commission scolaire de la Capitale	Institutionnelle	Québec		2008
Toiture du Musée de la civilisation	Société des musées québécois (SMQ)	Institutionnelle	Québec		2008
École secondaire Saint-Henri	Commission scolaire de Montréal	Institutionnelle	Montréal		2008
Complexe des sciences de la vie	Université McGill	Institutionnelle	Montréal	700	2008
Toit vert - Loto Québec	Loto Québec	Institutionnelle	Montréal		2008
Toit vert - Bâtiment travaux Publics	Ville de Pointe Claire	Institutionnelle	Montréal		2008
Toit vert du Collège Letendre	Collège Letendre	Institutionnelle	Laval (CMM)		2008
Toit vert du Campus de Longueuil	Université de Sherbrooke	Institutionnelle	Longueuil (CMM)	464,51	2009
Pavillon de la santé UQTR	Université du Québec à Trois-Rivières	Institutionnelle	Trois-Rivières (Mauricie)	185,8	2009
Toiture végétale - Promutuelle Beauceville	Promutuelle	Privée	Beauceville (Chaudière-Appalaches)	185,8	2009
Pavillon Alphonse-Marie-Parent	Université Laval	Institutionnelle	Québec	167,22	2009
Résidence privée Saint-Ferréol	Propriétaire résidentiel	Privée	Saint-Ferréol-les-Neiges (CMQ)	65,03	2009
Résidence privée Beauport	Propriétaire résidentiel	Privée	Québec	41,8	2009
Toit vert - Méta d'Âme	Propriétaire commercial	Privée	Montréal		2009

<u>Logement sociaux Résidences de Bourgogne</u>	Un toit en réserve de Québec inc.	OBNL	Québec	929,03	2010
<u>Toit vert - Clef des Champs</u>	Clef des Champs	Privée	Val-David (Laurentides)	836,12	2010
<u>Logement sociaux Résidence de l'Église</u>	Un toit en réserve de Québec inc.	OBNL	Québec	743,22	2010
<u>Appartements locatifs chemin Ste-Foy</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Québec	185,8	2010
<u>Toit vert - École d'agriculture de Nicolet</u>	École d'agriculture de Nicolet	Institutionnelle	Nicolet (Centre-du-Québec)	116,12	2010
<u>École nationale du cirque</u>	École National du cirque	Institutionnelle	Montréal	92,9	2010
<u>Résidence privée Cap Rouge</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Québec	83,61	2010
<u>Bibliothèque Ville de Saint-Hubert</u>	Ville de Saint-Hubert	Institutionnelle	Saint-Hubert (CMM)		2010
<u>CSSS Pierre Boucher</u>	Ministère de la Santé et des Services sociaux	Institutionnelle	Longueuil (CMM)		2010
<u>Toiture végétale - Condominiums du Monastère</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Lévis (CMQ)	3251,6	2011
<u>Édifice du gouvernement fédéral - TPSGC</u>	Travaux publics et Services gouvernementaux Canada	Institutionnelle	Québec	929,03	2011
<u>Toiture végétalisée MDD</u>	Maison du développement durable (MDD)	OBNL	Montréal	836,12	2011
<u>Culti-vert au Palais des congrès</u>	Palais des congrès de Montréal	Institutionnelle	Montréal	600	2011
<u>Toiture végétale - Complexe scientifique du Québec</u>	Société Québécoise des Infrastructures (SQI)	Institutionnelle	Québec	269,41	2011
<u>Santropol Roulant</u>	Santropol Roulant	OBNL	Montréal	137,49	2011
<u>Toiture végétale - Résidence Gagné</u>	Résidence Gagné	Privée	Québec	111,48	2011
<u>Caserne 67</u>	Ville de Verdun	Institutionnelle	Verdun (CMM)		2011
<u>Toit vert du Cégep Lionel-Groulx</u>	Cégep Lionel-Groulx	Institutionnelle	Sainte-Thérèse (CMM)		2011
<u>Toit vert - Cégep de Ste-Foy</u>	Cégep de Ste-Foy	Institutionnelle	Québec		2011
<u>Musée Nivard</u>	Ville de Montréal	Institutionnelle	Montréal		2011
<u>Centre dollar Cormier</u>	Ville de Montréal	Institutionnelle	Montréal		2011
<u>Toit vert - Centre d'interprétation de la nature</u>	Centre d'interprétation de la nature	OBNL	Magog (Estrie)		2011
<u>SCC - Établissement de la Macaza</u>	Service correctionnel Canada (SCC)	Institutionnelle	La Macaza (Lanaudière)		2011
<u>École Eurêka Granby</u>	Commission scolaire du Val-des-Cerfs	Institutionnelle	Granby (Montréal)		2011
<u>Toit vert - MRNG Gaspé</u>	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs	Institutionnelle	Gaspé (Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine)		2011
<u>Toit vert d'Agrinova</u>	Centre collégial de transfert de technologie en agriculture Agrinova	Institutionnelle	Alma (Saguenay-Lac-Saint-Jean)		2011
<u>Toiture végétale - Clumec Université Laval</u>	Université Laval	Institutionnelle	Québec	278,7	2012
<u>Toiture végétale - PECH</u>	PECH	Institutionnelle	Québec	278,7	2012
<u>Toiture végétale - Maheu & Maheu</u>	Maheu & Maheu	Privée	Québec	222,96	2012
<u>École Monseigneur Grenier</u>	Commission scolaire des Bois-Francs	Institutionnelle	Victoriaville (Centre-du-Québec)	160,72	2012
<u>Toiture végétale - Capital sécurité financière</u>	Capitale sécurité financière	Privée	Québec	111,48	2012
<u>Toiture végétalisée YWCA</u>	YWCA de Montréal	OBNL	Montréal	104	2012
<u>Toit vert - Particulier Privé B.J.</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	68	2012
<u>Résidence Plateau-Mont-Royal</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	67,81	2012
<u>Palais de justice de Valleyfield</u>	Ministère de la Justice	Institutionnelle	Salaberry-de-Valleyfield (Montréal)		2012
<u>Pavillon horticole écoresponsable de l'ITA</u>	Institut de technologie agroalimentaire	Institutionnelle	Saint-Hyacinthe (Montréal)		2012
<u>Agrandissement du campus de Rouyn-Noranda de l'UQAT</u>	Université du Québec à Trois-Rivières (UQAT)	Institutionnelle	Rouyn-Noranda (Abitibi-Témiscamingue)		2012
<u>Stationnement La Falaise apprivoisée</u>	Groupe MACH	Privée	Québec		2012
<u>Pavillon des arts visuels et du design</u>	Cégep de Sainte-Foy	Institutionnelle	Québec		2012
<u>Toit vert - Bâtiment de Bombardier Dorval</u>	Bombardier aéronautique	Privée	Montréal		2012
<u>Toit vert - Habiter Dumoulin</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal		2012

<u>Toit - vert DEX Clothing</u>	Dex Clothing	Privée	Montréal		2012
<u>Toit vert - CSSS Gatineau</u>	Ministère de la Santé et des Services sociaux	Institutionnelle	Gatineau (Outaouais)		2012
<u>STM Stinson</u>	Société de Transport de Montréal (STM)	Institutionnelle	Montréal	6689,01	2013
<u>Centre des Loisirs de Westmount</u>	Ville de Westmount	Institutionnelle	Montréal	4886,69	2013
<u>Planétarium Rio Tinto Alcan</u>	Espace pour la Vie, Montréal	Institutionnelle	Montréal	1114,83	2013
<u>Bâtiment Scott</u>	Broccolini	Privée	Gatineau (Outaouais)	863,99	2013
<u>22 Eddy</u>	Broccolini	Privée	Gatineau (Outaouais)	520,25	2013
<u>Toiture végétale - Cité verte</u>	SSQ Immobilier	Privée	Québec	283,35	2013
<u>Toiture végétale - Groupe Dynaco</u>	Groupe Coopératif Dynaco	Privée	La Pocatière (Bas-Saint-Laurent)	209,03	2013
<u>Éco-centre Vaudreuil</u>	MRC de Vaudreuil-Soulanges	Institutionnelle	Vaudreuil-Dorion (CMM)	43,66	2013
<u>Résidence Outremont</u>	Résidence Outremont	Privée	Montréal	18,76	2013
<u>Résidence Villeray</u>	Résidence Villeray	Privée	Montréal	4,45	2013
<u>École primaire de Saint-Jérôme</u>	Commission scolaire de la Rivière-du-Nord	Institutionnelle	Saint-Jérôme (CMM)		2013
<u>Modernisation du Casino de Montréal</u>	Casiloc	Privée	Montréal		2013
<u>Toit vert - Appartement Le Château</u>	Le Château	Privée	Montréal		2013
<u>Toits végétalisés Place des Arts</u>	Place des Arts	Institutionnelle	Montréal		2013
<u>Centre d'opération Turcot MTQ-CGER</u>	Ministère des transports du Québec	Institutionnelle	Montréal		2013
<u>Jardins de l'Hôtel de Ville de Québec</u>	Ville de Québec	Institutionnelle	Québec	1709,41	2014
<u>Garnison St-Jean</u>	Ministère de la défense	Institutionnelle	St-Jean-sur-Richelieu (Monterégie)	262,91	2014
<u>Sureté du Québec - Valleyfield</u>	Ville de Salaberry-de-Valleyfield	Institutionnelle	Salaberry-de-Valleyfield (Monterégie)	236,43	2014
<u>Résidence Sutton</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Sutton (Monterégie)	188,12	2014
<u>Toiture végétale - Seigneurie des Aulnais</u>	Seigneurie des Aulnais	OBNL	Saint-Roch-des-Aulnaies (Chaudière-Appalaches)	46,45	2014
<u>Résidence Plateau-Mont-Royal 2</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	28,98	2014
<u>Résidence Rosemont</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	18,58	2014
<u>Toit vert - Loft de Gaspé</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal		2014
<u>Toit vert - Condo MA</u>	T.R.A.M.S	Privée	Montréal		2014
<u>Toit vert - Condos M9</u>	McGill Immobilier	Privée	Montréal		2014
<u>Toit vert - BCC3</u>	Broccolini	Privée	Montréal		2014
<u>Toit vert - Loft Angus</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal		2014
<u>Centre de recherche sur la biodiversité</u>	Université de Montréal et Institut de Recherche en Biologie Végétale	Institutionnelle	Montréal		2014
<u>Toit vert - Collège Édouard Montpetit</u>	Collège Édouard Montpetit	Institutionnelle	Longueuil (CMM)		2014
<u>Toit vert - Centropolis Laval</u>	Centropolis	Privée	Laval (CMM)		2014
<u>Toit vert Musée national des beaux-arts</u>	Musée national des beaux-arts du Québec (MNBAQ)	Institutionnelle	Québec	3251,6	2015
<u>Toiture végétalisée Quebecor</u>	Quebecor Média	Privée	Montréal	670	2015
<u>Rouge condo - Phase V</u>	Devmont	Privée	Montréal	322,46	2015
<u>Toiture Coop Cercle Carré</u>	Coopérative d'habitation Cercle Carré	OBNL	Montréal	260	2015
<u>Toit vert - Aéroports de Montréal</u>	Aéroports de Montréal	Institutionnelle	Montréal	257,8	2015
<u>École du Boisé-fabi</u>	Commission scolaire de la Région-de-Sherbrooke (CSRS)	Institutionnelle	Sherbrooke (Estrie)	225,75	2015
<u>Musée d'art de Joliette</u>	Musée d'art de Joliette	Institutionnelle	Joliette (Lanaudière)	139,35	2015
<u>Résidence Austin</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Austin (Estrie)	93,36	2015
<u>Atala condo</u>	Construction Albert-Jean	Privée	Montréal	67,81	2015
<u>Condo Augustin-Cantin</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	45,52	2015

Récré-O-Parc	Ville de Sainte-Catherine	Institutionnelle	Sainte-Catherine (CMM)	16,72	2015
Toit vert - St-Germain Cousin	Corporation Mainbourg	Privée	Montréal		2015
Stade de soccer ville de Montréal	Ville de Montréal	Institutionnelle	Montréal		2015
Complexe sportif Ville Saint-Laurent	Ville de Saint-Laurent	Institutionnelle	Montréal		2015
Tour SSQ	SSQ Immobilier	Privée	Longueuil (CMM)		2015
Usine de filtration Atwater	Ville de Montréal	Institutionnelle	Montréal	424	2016
Toit vert - Particulier Privé B.K.	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	185,8	2016
Toit vert - Le Rive Droite	Propriétaire résidentiel	Privée	Saint-Lambert (CMM)		2016
Gallery Lofts sur le Canal	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal		2016
Éco-centre Saint-Laurent	Ville de Montréal	Institutionnelle	Montréal		2016
Centre communautaire Natalie Croteau	Ville de Brossard	Institutionnelle	Brossard (CMM)		2016
Jetée Alexandra - Port de Montréal	Port de Montréal	Institutionnelle	Montréal	2787,09	2017
Toiture du stationnement de la place des Canotiers	Société Québécoise des Infrastructures (SQI)	Institutionnelle	Québec	2519	2017
IGA extra Famille Duchemin et Frères Inc.	IGA	Privée	Montréal	2322,57	2017
Toit vert - Médicus	Médicus	Privée	Montréal	557,41	2017
Toiture végétalisé Rivoli	Copropriété résidentielle	Privée	Montréal	352	2017
				50297,26	

Tableau A.3.2 Nombre de projets de toitures végétalisées recensées par année (période 2003-2017)

Année	Nb.
2003	2
2004	3
2005	2
2006	4
2007	4
2008	15
2009	7
2010	9
2011	17
2012	17
2013	15
2014	15
2015	15
2016	6
2017	5
Total	136

Tableau A.3.3 Nombre de projets de toitures végétalisées recensées par région (période 2003-2017)

Localisation	Nb.
Communauté métropolitaine de Montréal (CMM)	78
Communauté métropolitaine de Québec (CMQ)	28
Montréal	8
Ottawa	3
Lanaudière	3
Erie	3
Centre-du-Québec	2
Chaudière-Appalaches	2
Laurentides	2
Mauricie	2
Saguenay-Lac-Saint-Jean	2
Abitibi-Témiscamingue	1
Bas-Saint-Laurent	1
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	1
Total	136

Tableau A.3.4 Nombre de projets de toitures végétalisées recensées par vocation (période 2003-2017)

Vocation	Nb.
Institutionnelle	74
Privée	53
OBNL	9
Total	136

ANNEXE 4 – RÉSULTATS D'INVENTAIRE POUR LES MURS VÉGÉTALISÉS

Tableau A.4.1 Résultats d'inventaire des toitures murs végétalisés recensés pour la période 2003-2017

Projet	Organisation	Vocation	Localisation	Milieu	Superficie (en m ²)	Année
<u>Mur végétal - Schlüter System</u>	Schlüter System	Privée	Ste-Anne-de-Bellevue (CMM)	Intérieur	37,16	2009
<u>Corian vivant n3</u>	The cultural space at Cenne	Privée	Montréal	Intérieur		2010
<u>Mur végétal - Agrinova</u>	Centre collégial de transfert de technologie en agriculture Agrinova	Institutionnelle	Alma (Saguenay-Lac-Saint-Jean)	Intérieur		2011
<u>Mur végétal - Maison du DD</u>	Maison du développement durable (MDD)	OBNL	Montréal	Intérieur	38	2011
<u>Parc Marie Victorin</u>	Ville de Longueuil	Institutionnelle	Longueuil (CMM)	Extérieur		2012
<u>Cafétéria Casino de Montréal</u>	Loto-Québec	Institutionnelle	Montréal	Intérieur		2012
<u>Magasins Éco Attitude BMR</u>	BMR	Privée	Québec	Intérieur		2012
<u>Spa Saint-Jude</u>	Saint-Jude Espace Tonus	Privée	Montréal	Intérieur		2012
<u>Chateaubriand</u>	Développement knightsbridge	Privée	Montréal	Intérieur		2012
<u>West Elm Montreal</u>	West Elm	Privée	Montréal	Intérieur	30,28	2013
<u>Pavillon horticole écoresponsable de l'ITA</u>	Institut de technologie agroalimentaire (ITA)	Institutionnelle	Saint-Hyacinthe (Monterégie)	Intérieur / extérieur		2013
<u>Les Courants</u>	Desjardins	Privée	Lévis (CMQ)	Intérieur	196	2014
<u>Mur végétal - Saint-Lambert</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Saint-Lambert (CMM)	Intérieur		2014
<u>Mur végétalisé DICOM</u>	DICOM	Privée	Montréal	Intérieur		2014
<u>Résidence Sud-Ouest</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	Intérieur	6,68	2015
<u>Espace Physio-Forme</u>	Espace Physio-Forme	Privée	Boucherville (CMM)	Intérieur	2,97	2015
<u>Projet St-Vallier</u>	Knights Bridge	Privée	Montréal	Intérieur		2015
<u>Mur végétal de l'aérogare</u>	Aéroport de Montréal	Institutionnelle	Montréal	Intérieur		2016
<u>Mur végétal - École des métiers de l'Horticulture</u>	École des métiers des Faubourgs-de-Montréal	Institutionnelle	Montréal	Intérieur		2016
<u>Résidence Aragon</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal	Intérieur	11,89	2016
<u>Mur végétal - Telecon</u>	Telecon	Privée	Montréal	Intérieur		2016

<u>Le TreeHouse</u>	Knights Bridge	Privée	Montréal	Intérieur		2016
<u>Mur végétal - Maggie Oakes</u>	Maggie Oakes	Privée	Montréal	Intérieur		2016
<u>Expo de Saint-Hyacinthe</u>	Institut de technologie agroalimentaire (ITA)	Institutionnelle	Saint-Hyacinthe (Monterégie)	Extérieur	11,25	2017
<u>Mur végétal - Just Pressed</u>	Just Pressed	Privée	Montréal	Intérieur		2017
<u>Condo Urbania</u>	Condo Urbania	Privée	Laval (CMM)	Intérieur		2017
<u>Mur végétal - Naturo Vivre</u>	Naturo Vivre	Privée	LaSalle (CMM)	Intérieur		2017
					334,23	

Tableau A.4.2 Nombre de projets de murs végétalisés recensés par année (période 2003-2017)

Année	Nb.
2003-2008	0
2009	1
2010	1
2011	2
2012	5
2013	2
2014	3
2015	3
2016	6
2017	4
Total	136

Tableau A.4.3 Nombre de projets de murs végétalisés recensés par vocation (période 2003-2017)

Vocation	Nb.
Institutionnelle	7
Privée	19
OBNL	1
Total	27

Tableau A.4.4 Nombre de projets de murs végétalisés recensés par région (période 2003-2017)

Localisation	Nb.
Communauté métropolitaine de Montréal (CMM)	22
Communauté métropolitaine de Québec (CMQ)	2
Monterégie	2
Saguenay-Lac-Saint-Jean	1
Total	27

ANNEXE 5 – RÉSULTATS D'INVENTAIRE POUR LES PROJETS DE VÉGÉTALISATION SANS DATE

Tableau A.5.1 Résultats d'inventaire des projets de végétalisation du bâtiment recensés (sans date)

Projet (toiture)	Organisation	Vocation	Localisation
<u>Centre Nature-Action</u>	Nature-Action Québec	OBNL	Beloeil
<u>Toit-terrasse Soprema</u>	Maison des arts Desjardins Drummondville	Institutionnelle	Drummondville
<u>Toit vert du Collège de l'Assomption</u>	Collège de l'Assomption	Institutionnelle	L'Assomption
<u>Toiture du Collège Rosemont</u>	Collège Rosemont	Institutionnelle	Montréal
<u>Grandir en santé</u>	Centre hospitalier universitaire Sainte-Justine	Institutionnelle	Montréal
<u>Réfection de toiture - Avenue Bates</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal
<u>Toit vert - Bibliothèque de Ville de Mont-Royal</u>	Ville de Mont-Royal	Institutionnelle	Montréal
<u>Résidence privée de Côte Ste-Catherine</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal
<u>Résidence privée d'Outremont</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal
<u>Bus dépôt</u>	Société de transport de l'Outaouais	Institutionnelle	Gatineau
<u>Loft Skoltz-Kolgen</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal
<u>Résidence privée Griffintown</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Montréal
<u>Park Visitor Centre</u>	Ville de Montréal	Institutionnelle	Montréal
<u>Toit vert - Biosphère</u>	Parc Jean-Drapeau	Institutionnelle	Montréal
<u>Toit vert - Usine de traitement des odeurs Lasalle</u>	Arrondissement Lasalle	Institutionnelle	Montréal
<u>Pavillon Alexandre-Vachon</u>	Université Laval	Institutionnelle	Québec
<u>Pavillon Charles-De-Koninck</u>	Université Laval	Institutionnelle	Québec
<u>Pavillon des services</u>	Université Laval	Institutionnelle	Québec
<u>Pavillon de l'éducation physique et des sports (PEPS)</u>	Université Laval	Institutionnelle	Québec

<u>Toit vert - Résidence Les Diamants</u>	Les diamants	Privée	Québec
<u>Toit vert - Triplettes de Jeanne-Mance</u>	Propriétaire résidentiel	Privée	Québec
Projet (mur végétalisé)	Organisation	Vocation	Localisation
<u>Magasin de vêtements LOLÉ</u>	LOLÉ	Privée	Montréal
<u>Mur végétal - Restaurant le Pain Béni</u>	Restaurant le Pain Béni	Privée	Québec
<u>Murs végétaux - Caisse de Terrebonne</u>	Desjardins	Privée	Terrebonne
<u>Mur vert - Bisphère</u>	Parc Jean-Drapeau	Institutionnelle	Montréal
<u>Mur végétal - Caisse d'économie Solidaire</u>	Desjardins	Privée	Québec
<u>Atmosphere</u>	Maxie's Gril Bar	Privée	Montréal
<u>Fonderie Darling</u>	Quartier Éphémère	OBNL	Montréal
<u>Centre Nature-Action</u>	Nature-Action Québec	OBNL	Beloeil

Tableau A.5.2 Nombre de projets de végétalisation du bâtiment recensés par vocation (sans date)

Vocation	Nb.
Institutionnelle	7
Privée	19
OBNL	1
Total	28

Tableau A.5.3 Nombre de projets de végétalisation du bâtiment recensés par région (sans date)

Localisation	Nb.
Communauté métropolitaine de Montréal (CMM)	18
Communauté métropolitaine de Québec (CMQ)	8
Montréal	2
Total	28

ANNEXE 6 – SYNTHÈSE DES EFFETS ET DES PERSONNES EXPOSÉES À LA POLLUTION SONORE AU QUÉBEC

Tableau A.6 Sommaire des estimations du nombre de personnes exposées au bruit au Québec et liste des principaux effets avérés sur la santé pour chaque environnement sonore
(Tiré de : Martin, Deshaies, Poulin, 2014)

Environnement sonore	Effets avérés sur la santé physique ou effets psychosociaux	Estimation des personnes exposées au bruit chez les 15 ans et + (données arrondies)	Estimation selon la population de....
Circulation routière	Perturbations du sommeil Maladies cardiovasculaires (adultes) Nuisance	460 000 ^a	2006
Bruit de voisinage (% min. et max. pour les diverses sources (personnes, fêtes, animaux, etc.))	Nuisance	5 300-93 500 ^b	2001
Activités industrielles	Nuisance	14 800 ^{b, d} - (182 700) ^e (% selon deux sources)	2001
Véhicules hors route	Nuisance	47 700 ^b	2001
Activités (travaux) de construction	Nuisance	43 500 ^{b, f}	2001
Activités agricoles	Nuisance	23 000 ^b	2001
Bruit aérien	Perturbations du sommeil Maladies cardiovasculaires (adultes)	22 300 ^b	2001
Bruit ferroviaire (trains)	Perturbations du sommeil	13 000 ^b	2001
Toutes sources de bruit environnemental extérieur^g	Nuisance	560 000 ^b	2001
Écoute de la musique à un niveau sonore élevé	Pertes auditives et acouphènes	17 200-34 500 ^c	2006
Bruit en milieu de travail	Pertes auditives et acouphènes Maladies cardiovasculaires Effets sur la grossesse Accidents du travail	287 000-359 000 ^h	2006

^a Michaud (2008)⁽²²⁶⁾.

^b Michaud (2005)⁽³¹⁰⁾.

^c Chez les 10-19 ans, calculs à partir des proportions de 5 % et 10 % rapportées dans SCENIHR (2008)⁽¹¹¹⁾, Maasen (2001)⁽¹²⁴⁾, Lévesque (2010)⁽³²⁹⁾.

^d Données vraisemblablement sous-estimées lorsque comparées aux données américaines (Simpson et Bruce, 2001). Des études seront nécessaires pour une meilleure estimation.

^e Simpson et Bruce (1981); US-EPA⁽⁸¹⁹⁾. À titre comparatif, la proportion de personnes se disant fortement dérangées par le bruit de sources industrielles à Rotterdam en 2008 était de 4,0 %⁽³⁷⁸⁾, soit l'équivalent de 243 600 personnes au Québec.

^f Données dont la fiabilité reste à améliorer tout en considérant que les chantiers ont le plus souvent une durée limitée.

^g Estimation basée sur une seule question englobant toutes les sources de bruit extérieur : « Au cours des 12 derniers mois environ, lorsque vous êtes à la maison, à quel point êtes-vous incommodé, dérangé ou contrarié par le bruit provenant de l'extérieur de votre maison? » (PWC Consulting, 2001 pour Santé Canada)⁽³⁷⁹⁾.

^h Vézina (2011)⁽³⁷⁸⁾, Funes (2012)⁽³⁷⁷⁾. À noter que le nombre estimé ne s'applique pas aux effets sur la grossesse, car nous n'avons aucune donnée du nombre de travailleuses exposées à des niveaux à risque ($\geq L_{Aeq} 85$ dB) pour l'enfant à naître, d'autant plus que l'exercice du droit au retrait préventif de la travailleuse enceinte ou qui allaite devrait minimiser ce risque.

ANNEXE 7 – LA MESURE DU NIVEAU DE BRUIT ENVIRONNEMENTAL

Tableau A.7 Échelle des niveaux sonores et des réactions humaines selon le niveau de bruit
(tiré de : Martin, Deshaies, Poulin, 2014)

Événement acoustique	Niveau de bruit	Impression subjective
Décollage d'un avion à 50 m	140 dBA	Douleur insupportable
Marteau piqueur, coup de feu à l'oreille du chasseur, outil pneumatique	130 dBA	Douleur
Décollage d'un avion à 300 m, sirène véhicule d'urgence	120 dBA	Début de la douleur
Spectacle de musique amplifiée, discothèque, salle de jeux vidéo	110 dBA	Supportable pour une courte période, effort vocal maximal
Perceuse, scie à chaîne, marteau-piqueur à 10 m, motocyclette	100 dBA	
Métro, tondeuse, alarme, camion lourd sur l'autoroute, à 10 m, à 80 km/h, motomarine	90 dBA	
Réveille-matin, 2 voitures sur l'autoroute, à 10 m, à 80 km/h, nombreuses usines, restaurants bruyants	80-85 dBA	Sensation de bruit fort, conversation difficile
Rue animée, aspirateur	70 dBA	Incommodant pour tenir une conversation téléphonique
Conversation normale	55-60 dBA	
Pluie modérée, machine à laver	50 dBA	
Bibliothèque, réfrigérateur, rue peu passante la nuit	40 dBA	Paisible
Chambre calme, conversation à voix basse	30 dBA	Calme
Voix chuchotée à 1 m, vent léger dans les arbres	20 dBA	Très calme
Respiration, studio d'enregistrement	10 dBA	Tout juste audible
Aucun son perceptible	0 dBA	Seuil d'audition

**ANNEXE 8 – EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE LA NASA SUR LES PLANTES INTÉRIEURES – RÉSULTATS
AU FORMALDÉHYDE**

**Tableau A.8 Résultats du formaldéhyde retiré par des plantes d'intérieures et le sol pendant
une période d'exposition de 24 h (tiré de : Wolverton, 1989)**

	Total Plant Leaf Surface Area (cm ²)	Total Micrograms Removed per Plant
Banana (<i>Musa oriana</i>)	1,000	11,700
Mother-in-law's tongue (<i>Sansevieria laurentii</i>)	2,871	31,294
English ivy (<i>Hedera helix</i>)	985	9,653
Bamboo palm (<i>Chamaedorea seifrizii</i>)	14,205	76,707
Heart leaf philodendron (<i>Philodendron oxycardium</i>)	1,696	8,480
Elephant ear philodendron (<i>Philodendron domesticum</i>)	2,323	9,989
Green spider plant (<i>Chlorophytum elatum</i>)	2,471	10,378
Golden pothos (<i>Scindapsus aureus</i>)	2,723	8,986
Janet Craig (<i>Dracaena deremensis</i> "Janet Craig")	15,275	48,880
Marginata (<i>Dracaena marginata</i>)	7,581	20,469
Peace lily (<i>Spathiphyllum</i> "Mauna Loa")	8,509	16,167
Lacy tree philodendron (<i>Philodendron selloum</i>)	2,373	8,656
Chinese evergreen (<i>Aglonema modestum</i>)	1,894	4,382
Aloe vera	713	1,555

**ANNEXE 9 – EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE LA NASA SUR LES PLANTES INTÉRIEURES – RÉSULTATS
AU BENZÈNE**

**Tableau A.9 Résultats du benzène retiré par des plantes d'intérieures pendant une période
d'exposition de 24 h (tiré de : Wolverton, 1989)**

	<u>Initial (p/m)</u>	<u>Final (p/m)</u>	<u>Percent Removed</u>
English ivy	0.235	0.024	89.8
Janet Craig	0.432	0.097	77.6
Golden pothos	0.127	0.034	73.2
Peace lily	0.166	0.034	79.5
Chinese evergreen	0.204	0.107	47.6
Marginata	0.176	0.037	79.0
Mother-in-law's tongue	0.156	0.074	52.6
Warneckei	0.182	0.055	70.0
Leak test control	0.171	0.162	5.3
Soil control	0.119	0.095	20.1

**ANNEXE 10 – EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE LA NASA SUR LES PLANTES INTÉRIEURES –
RÉSULTATS AU TRICHLORÉTHYLÈNE**

Tableau A.10 Résultats du trichloréthylène retiré par des plantes d'intérieures pendant une période d'exposition de 24 h (tiré de : Wolverton, 1989)

	<u>Initial (p/m)</u>	<u>Final (p/m)</u>	<u>Percent Removed</u>
English ivy	0.174	0.155	10.9
Janet Craig	0.321	0.265	17.5
Golden pothos	0.207	0.188	9.2
Peace lily	0.126	0.097	23.0
Warneckei	0.114	0.091	20.2
Marginata	0.136	0.118	13.2
Mother-in-law's tongue	0.269	0.233	13.4
Leak test control	0.121	0.120	< 1.0
Soil control	0.141	0.128	9.2

ANNEXE 11 – CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC – RELATION AVEC DIX PHÉNOMÈNES STRUCTURANT LES ÉCOSYSTÈMES

Tableau A.11 Relation entre les changements climatiques contemporains et dix phénomènes structurant les écosystèmes du Québec (tiré de : Berteaux, 2014)

	Modifications récentes ayant été détectées	Modifications récentes ayant été attribuées aux changements climatiques	Modifications futures probables dues aux changements climatiques
Embossissement de la toundra	Oui	Oui	Oui
Phénologie des espèces	Oui	Oui	Oui
Limite nordique des arbres	Oui	Oui	Oui
Fonte du pergélisol	Oui	Oui	Oui
Feux de forêt	Non	Non	Oui
Épidémies d'insectes	Oui	Oui	Oui
Niveaux d'eau dans les marais côtiers	Oui	Oui	Oui
Ponts de glace reliant les îles au continent	Oui	Oui	Oui
Dépérissements forestiers	Oui	Oui	Oui
Fleurs d'eau (cyanobactéries)	Oui	Non	Oui
L'évaluation a été réalisée subjectivement selon l'expérience des auteurs, la littérature scientifique et les communications des auteurs avec des spécialistes. Des divergences d'opinions existent entre spécialistes dans certains cas. Les parties ombrées indiquent que des mesures de gestion peuvent, de façon réaliste, atténuer l'ampleur des effets des changements climatiques.			

ANNEXE 12 – CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC – PROPORTION DE LA RÉPONSE POTENTIELLE DE 765 ESPÈCES

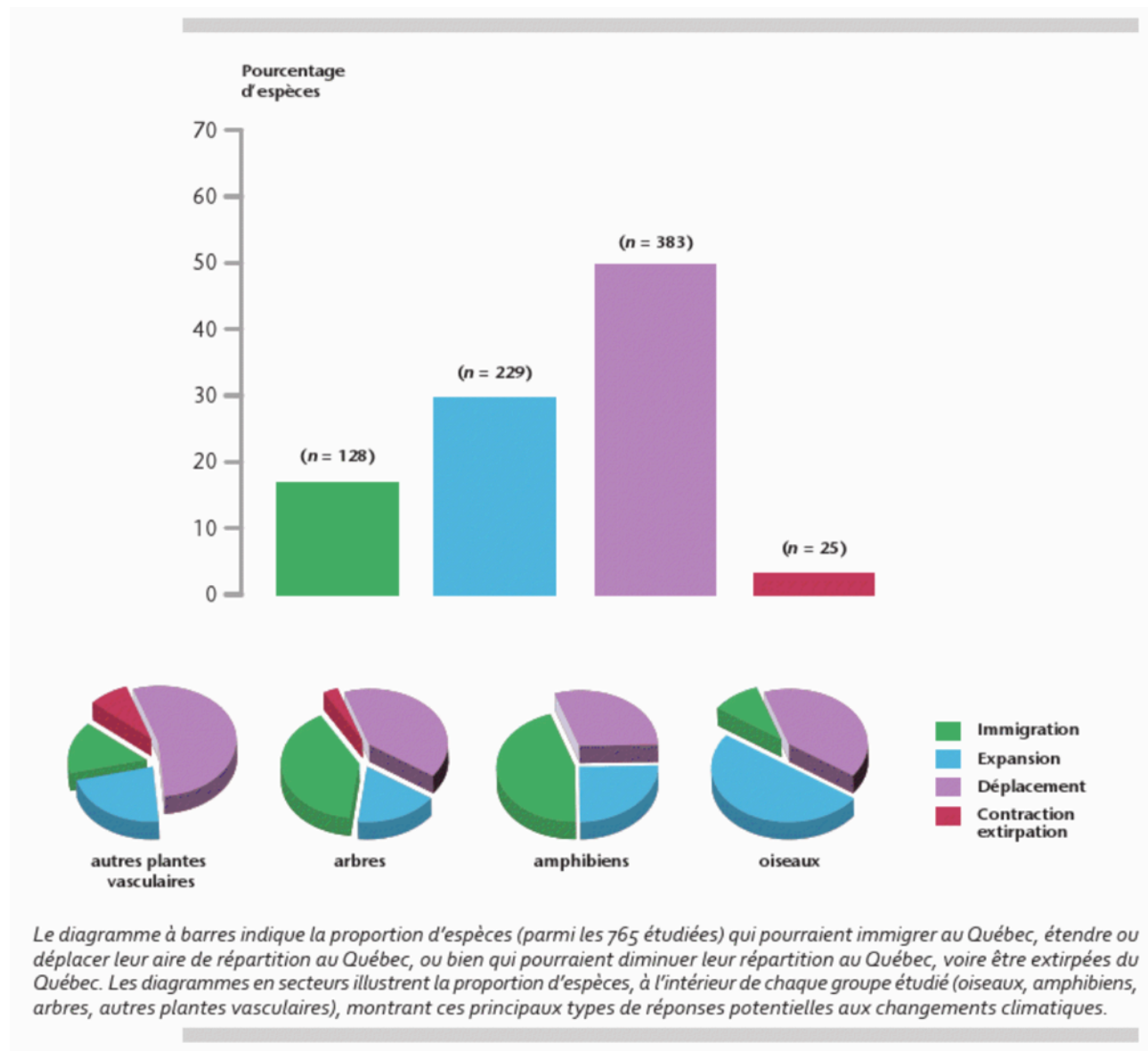


Figure A.12 Réponse potentielle de 765 espèces aux changements climatiques du 21^e siècle dans le Québec méridional (tiré de : Berteaux, 2014)

ANNEXE 13 – CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC – L'ÉVOLUTION DES NICHES DE 765 ESPÈCES

Tableau A.13.1 Surface cumulée occupée au Québec par les niches de 765 espèces en 1961-1990 et 2071-2100 (tiré de : Berteaux, 2014)

Taxon	Nombre d'espèces	Surface 1961-1990 (km²)	Surface 2071-2100 (km²)	Différences	Coefficient multiplicateur
Amphibiens	38	3 730 400	10 884 800	7 154 400	2,9
Oiseaux	171	42 628 800	110 652 000	68 023 200	2,6
Arbres	84	10 229 200	21 581 200	11 352 000	2,1
Plantes	472	77 522 800	162 760 400	85 237 600	2,1
TOTAL	765	134 111 200	305 878 400	171 767 200	2,3

La surface occupée par les niches d'un groupe taxonomique donné lors d'une période donnée correspond à l'addition des superficies des répartitions modélisées de toutes les espèces de ce groupe pendant la période considérée.

Tableau A.13.2 Évaluation simplifiée du potentiel de réorganisation spatiale de quatre groupes d'espèces face au déplacement de leur niche climatique durant le 21^e siècle (tiré de : Berteaux, 2014)

	Potentiel d'extinction rapide dans des habitats devenant climatiquement défavorables	Potentiel d'immigration rapide dans des habitats devenant climatiquement favorables
Oiseaux	Élevé	Faible à élevé
Amphibiens	Élevé	Faible
Arbres	Faible à élevé	Faible
Autres plantes	Faible à élevé	Faible à élevé

L'évaluation a été réalisée subjectivement en fonction de la capacité de dispersion moyenne des espèces et de leur degré de spécialisation envers certains habitats. Nous avons considéré comme « rapide » une extinction ou une immigration pouvant se produire en une ou deux décennies. Les parties ombrées indiquent que des mesures de gestion peuvent, de façon réaliste, modifier l'évaluation présentée.

ANNEXE 14 – SCHÉMA PORTANT SUR LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR ET LA SANTÉ

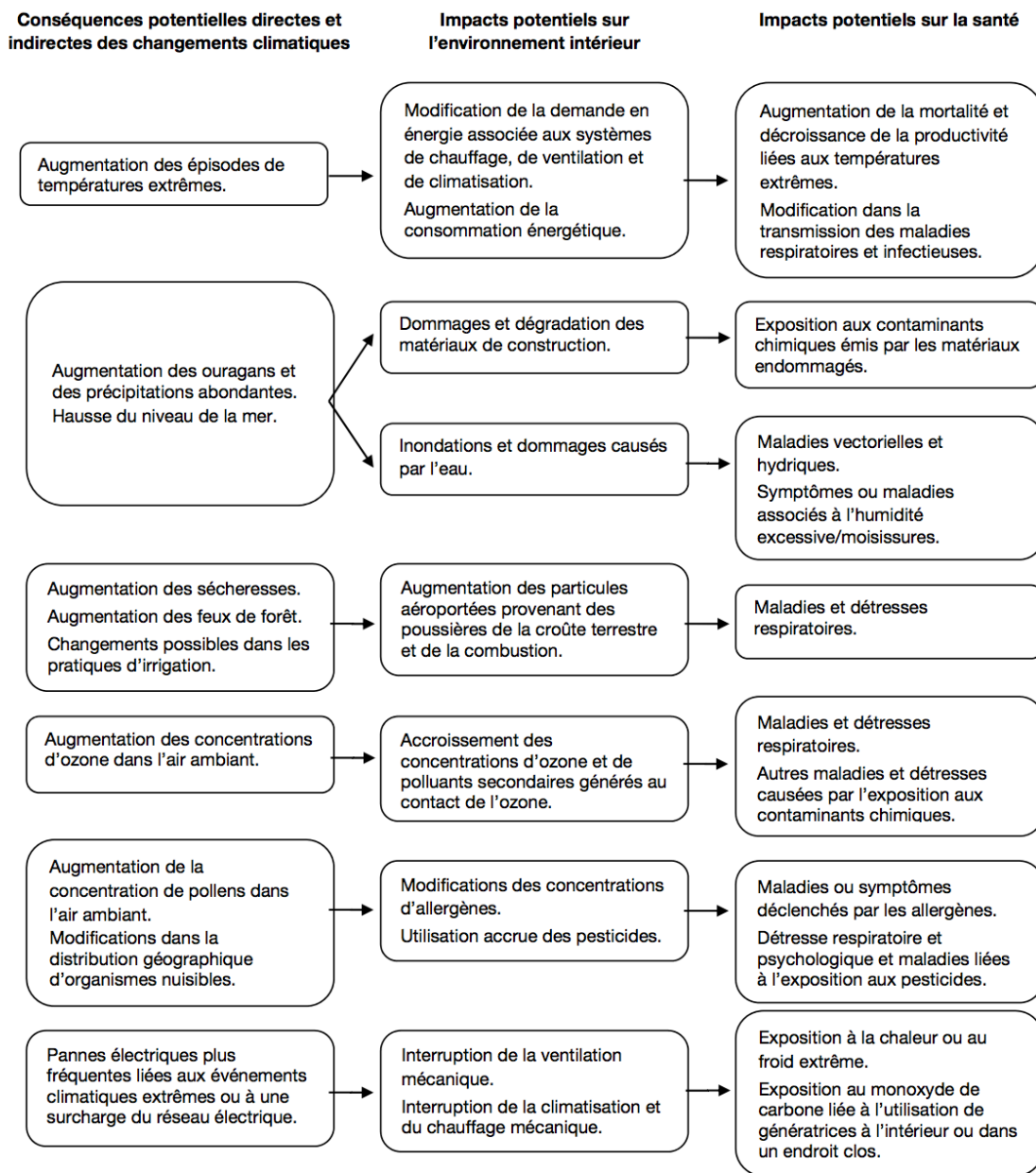


Figure A.14 Conséquences des changements climatiques sur l'environnement intérieur et la santé (tiré de : *Institute of Medicine*, 2011)

ANNEXE 15 – QUESTIONNAIRE ET EXERCICE DE L'ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018



**UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE**
Centre universitaire de formation en
environnement et développement durable

Université de Sherbrooke
Pavillon Marie-Victorin, local D7-1028
2500, boul. de l'Université
Sherbrooke (Québec) J1K 2R1

QUESTIONNAIRE N^o : _____

ORGANISATION : _____

LIEU/DATE : _____

ÉTUDE SUR LES IMPACTS DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT POUR LES ORGANISATIONS

Questionnaire d'entrevue semi-dirigée à l'intention du responsable

RESPONSABLES DE L'INTERVENTION

Pierre-André Lebeuf

Étudiant à la maîtrise en gestion de l'environnement

Université de Sherbrooke

Téléphone : [REDACTED]

Courriel : [REDACTED]

David King-Ruel

Directeur de la rédaction de fin d'études

Université de Sherbrooke

Téléphone : [REDACTED]

Courriel : [REDACTED]

RENSEIGNEMENTS SPÉCIFIQUES AU PROJET

A. Indiquez le nom du participant et de l'organisation (incluant la vocation).

B. Indiquez la localisation, la date de la construction et le type d'installation.

MOTIVATIONS (EN DÉBUT DE PROJET)

C. Pourquoi avoir réalisé un projet de végétalisation du bâtiment?

D. Quelles ont été vos craintes en début de projet?

EXPÉRIENCE (PENDANT LE PROJET)

E. Quels ont été les principaux défis pendant l'exécution du projet?

EXPÉRIENCE (APRÈS LE PROJET)

F. Quelles ont été les retombées de votre projet?

G. Referiez-vous à nouveau un projet de végétalisation du bâtiment (pourquoi)?

LIMITES DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT AU QUÉBEC

H. Quelles sont les principales limites de la végétalisation du bâtiment au Québec autant pour les installations intérieures qu'extérieures?

Exercice sur les enjeux en développement durable

(Veuillez effectuer l'exercice en ligne en répondant aux deux questions de l'exercice)

- I. Identifiez les cinq (5) enjeux de développement durable auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus à votre avis?
- J. Parmi les enjeux de développement durable touchés par la végétalisation du bâtiment, lesquels avez-vous le sentiment de peu connaître?

Choix de réponse

La pollution sonore

La gestion des eaux pluviales

La pollution de l'air

Les îlots de chaleur urbain (ICU)

Les émissions de gaz à effet de serre (GES)

La santé et le mieux-être

La biodiversité et les services écosystémiques

La sécurité alimentaire

L'utilisation de l'espace urbain

La sécurité civile

L'embellissement et la création de valeur

L'éducation

La durabilité des matériaux

La gestion des ressources humaines

Le confort thermique intérieur et l'efficacité énergétique

ANNEXE 16 – FORMULAIRE DE CONSENTEMENT LIBRE ET ÉCLAIRÉ À L'INTENTION DES PARTICIPANTS À L'ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018



Université de Sherbrooke
Pavillon Marie-Victorin, local D7-1028
2500, boul. de l'Université
Sherbrooke (Québec) J1K 2R1

Objet : Formulaire de consentement libre et éclairé

Étude sur les impacts de la végétalisation du bâtiment pour les organisations

Vous êtes sollicité à collaborer dans le cadre d'une recherche portant sur la végétalisation du bâtiment. Ces travaux de fin d'études s'inscrivent dans le cadre d'une maîtrise en gestion de l'environnement à l'Université de Sherbrooke. L'objectif général de recherche est de cerner les impacts de la végétalisation du bâtiment comme solution durable pour les organisations. Les résultats finaux permettront de mieux comprendre comment la végétalisation du bâtiment peut contribuer ou non à résoudre des problématiques du développement durable en contexte organisationnel.

Objectifs de l'entrevue semi-dirigée

Cette entrevue semi-dirigée vise les organisations ayant installé un toit/mur végétalisé au Québec entre 2003 et 2017. Le but est de rassembler des renseignements sur les motivations entourant la réalisation d'un projet de végétalisation du bâtiment. S'insérant dans une analyse globale en développement durable, plusieurs enjeux environnementaux, sociaux et économiques seront abordés. À des fins de transparence, il importe de souligner que l'entreprise Soprema soutient ces travaux et que le rapport de recherche sera publié sur le site Web de l'Université de Sherbrooke.

Votre participation

Comme vous avez été identifiée comme une personne ressource dont le témoignage pourrait contribuer à l'atteinte des objectifs de cette étude, nous aimerions avoir l'occasion de faire le point avec vous sur vos perceptions au sujet de la végétalisation du bâtiment au Québec. Cet échange se fera dans le cadre d'une entrevue d'approximativement une heure. En tout temps, vous aurez la liberté de mettre fin à votre collaboration sans qu'aucun préjudice ne vous soit porté.

Confidentialité des données

Aux fins de l'analyse et de manière à respecter fidèlement les propos recueillis, l'entrevue sera enregistrée. En tout temps, vous pourrez demander d'interrompre l'enregistrement de cette entrevue. La retranscription de l'entrevue et l'enregistrement demeureront confidentiels. Toutes les données seront conservées de façon sécuritaire et seront détruites après la publication du travail de recherche.

Anonymat des participants

Votre nom n'apparaîtra pas sur la retranscription de cette entrevue et l'identification sera codifiée. Si des extraits de votre témoignage devaient être utilisés dans notre rapport, ils seront banalisés afin d'en assurer l'anonymat.

Responsables de l'intervention

Cette intervention est menée dans le cadre de notre formation à la maîtrise en Gestion de l'environnement à l'Université de Sherbrooke. Étant sous la direction de M. David-King Ruel, l'étudiant responsable est M. Pierre-André Lebeuf. Vous pouvez les joindre aux coordonnées suivantes :

Pierre-André Lebeuf

Étudiant à la maîtrise en gestion de l'environnement
Université de Sherbrooke
Téléphone : [REDACTED]
Courriel : [REDACTED]

David King-Ruel

Directeur de la rédaction de fin d'études
Université de Sherbrooke
Téléphone : [REDACTED]
Courriel : [REDACTED]

Consentement

J'ai lu les informations ci-dessus et j'accepte de participer à cette entrevue. J'accepte aussi que l'information recueillie soit utilisée et présentée dans un rapport pouvant être rendu public par l'Université de Sherbrooke, pourvu que mon anonymat individuel soit respecté.

- Je désire que mon témoignage soit traité de façon à respecter mon anonymat __oui __non
- J'accepte que le nom de l'organisation que je représente soit mentionné dans le rapport __oui __non

Nom du participant(e) : _____

Organisation : _____

Signature : _____

Lieu/Date : _____

ANNEXE 17 – RÉSULTATS L'ENQUÊTE SUR LES PERCEPTIONS DES GESTIONNAIRES À L'ÉGARD DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT EN 2018

MOTIVATIONS (EN DÉBUT DE PROJET)

C. Pourquoi avoir réalisé un projet de végétalisation du bâtiment?

CHOIX DE RÉPONSES ▼	RÉPONSES ▼	
▼ Répondre à la mission et/ou aux valeurs de l'organisation	71,43%	5
▼ Créer un milieu de vie attrayant et agréable pour les individus (accroître l'attractivité de l'organisation)	71,43%	5
▼ Obtenir des crédits pour une certification de bâtiment durable (ex. LEED®, BOMA best)	57,14%	4
▼ Exploiter et/ou transformer une surface inutilisée	42,86%	3
▼ Expérimenter et/ou apprendre sur cette technologie en soutenant des entreprises dans le développement de leur expertise (travail collaboratif)	42,86%	3
▼ Démontrer les avantages de cette technologie en donnant l'exemple	42,86%	3
▼ Améliorer la santé, le mieux-être et le confort des individus	42,86%	3
▼ Produire localement des aliments (pratiquer l'agriculture urbaine)	42,86%	3
▼ Bénéficier des propriétés visuelles pour embellir le milieu de vie	42,86%	3
▼ Bénéficier des fonctions environnementales (ex. lutter contre les îlots de chaleur, contribuer à la rétention des eaux pluviales, supporter la pollinisation, accroître la biodiversité, etc.)	42,86%	3
▼ Respecter une politique de DD et/ou atteindre des objectifs de DD	28,57%	2
▼ Bénéficier des propriétés dépolluantes (amélioration de la qualité de l'air)	28,57%	2
▼ Répondre à des obligations réglementaires	28,57%	2
▼ Protéger/améliorer l'environnement (sol, eau, air)	28,57%	2
▼ Saisir l'opportunité de se démarquer de la concurrence (être à l'avant-garde)	28,57%	2
▼ Bénéficier des propriétés acoustiques (amélioration du confort acoustique)	14,29%	1
▼ Accroître la motivation du personnel	14,29%	1
▼ Contrer localement une problématique d'insécurité alimentaire	14,29%	1
▼ Créer un milieu favorable à la productivité des employés	14,29%	1
▼ Créer un milieu favorable aux apprentissages	14,29%	1
▼ Rentabiliser le projet (valeur ajoutée)	14,29%	1
▼ Améliorer l'image de l'organisation (à des fins de relations publiques)	14,29%	1
▼ Accroître le contact des occupants avec la nature (bénéficier des bienfaits biophiliques)	14,29%	1
▼ Augmenter la valeur du bâtiment	14,29%	1
▼ Répondre à la volonté de la haute direction d'intégrer le DD dans nos activités (mettre en oeuvre des orientations stratégiques en DD)	14,29%	1
▼ Intégrer des attributs visuels identitaires en lien avec notre héritage culturel	14,29%	1
▼ Bonifier le projet de végétalisation en ajoutant des ruches d'abeilles (soutenir le démarrage d'une entreprise locale spécialisée en apiculture)	14,29%	1
Nombre total de participants : 7		

D. Quelles ont été vos craintes en début de projet?

CHOIX DE RÉPONSES ▼	RÉPONSES ▼	
▼ Les défis techniques liés à la conception/construction (ex. espace et dégagement nécessaire, étanchéité de l'enveloppe du bâtiment, capacité structurelle, drainage, irrigation, luminosité, etc.)	71,43%	5
▼ Les défis financiers (ex. coûts de construction, coûts d'entretien, coûts d'opération, dépassement de budget, rendement, etc.)	57,14%	4
▼ Les défis techniques liés à un dysfonctionnement du système (ex. bris d'équipement, fuites, mortalité des végétaux, prolifération d'insectes nuisibles, etc.)	28,57%	2
▼ Les défis de coordination découlant de la complexité du projet (l'ampleur du projet)	28,57%	2
▼ La méconnaissance des bienfaits de la végétalisation du bâtiment auprès des acteurs de l'industrie (réticence des individus)	28,57%	2
▼ Les défis techniques liés à l'exploitation du système (ex. besoins en entretien, besoins en humidité, apport microbien, etc.)	28,57%	2
▼ Pas de craintes spécifiques à la toiture, car c'est une technologie maîtrisée	28,57%	2
▼ Le respect de la réglementation (dans le cas d'une toiture végétalisée)	28,57%	2
▼ Le manque de visibilité à partir de l'extérieur (ex. difficile de voir qu'il y a une toiture végétalisée à l'extérieure ou un mur végétalisé à l'intérieur)	14,29%	1
▼ L'incompréhension de la raison d'être du projet auprès des membres de l'équipe de travail	14,29%	1
▼ Les défis techniques liés à une mauvaise conception du bâtiment (ex. problèmes d'humidité à l'intérieur, manque de luminosité, dégagement insuffisant, etc.)	14,29%	1
▼ Les difficultés rencontrées afin d'accéder au système de manière sécuritaire (ex. escalier/ascenseur pour toit / élévateur pour mur)	14,29%	1
▼ Le prolongement de la durée des travaux (conception/construction)	14,29%	1
▼ Le manque d'expertise diversifiée pour l'entretien et le choix des végétaux (manque de connaissances et d'expertise horticole)	14,29%	1
▼ La conservation des plantes vivantes (éviter la mort des végétaux)	14,29%	1
▼ Ne pas atteindre les résultats anticipés en termes de bienfaits	14,29%	1
▼ Pas de craintes puisque nous collaborions avec un architecte expérimenté en végétalisation du bâtiment	14,29%	1
▼ La conservation des plantes malgré le climat (choix des végétaux extérieurs)	14,29%	1
▼ Le fait que les grands fabricants et les installateurs préconisent une approche décorative/esthétique dans le choix des végétaux (au lieu d'une approche naturelle)	14,29%	1
▼ Le changement de paradigme dans la façon de travailler et de concevoir le bâtiment (il faut intégrer le végétal dès la conception)	14,29%	1
▼ La nécessité de convaincre les assureurs et les bailleurs de fonds (ex. inquiétudes à l'égard de l'humidité)	14,29%	1
Nombre total de participants : 7		

EXPÉRIENCE (PENDANT LE PROJET)

E. Quels ont été les principaux défis pendant l'exécution du projet?

CHOIX DE RÉPONSES ▼	RÉPONSES ▼	
▼ Le manque d'informations en matière de conception (au sujet des conditions techniques)	42,86%	3
▼ Les défis liés à la complexité du projet (ex. nécessité d'assurer une coordination structurée, mise en oeuvre dans le temps en fonction du climat, évolution du chantier et pressions exercées pendant les travaux, etc.)	42,86%	3
▼ Les défis rencontrés en raison d'une mauvaise conception du bâtiment (ex. nécessité de renforcer la structure du bâtiment, problèmes d'humidité excessive à l'intérieur du bâtiment, amélioration des systèmes CVAC, etc.)	42,86%	3
▼ Les défis liés au processus de conception intégrée (nécessité de travailler en équipe de travail pluridisciplinaire)	28,57%	2
▼ Le manque d'expertise diversifiée pour l'entretien et le choix des végétaux (manque de connaissances et d'expertise horticole)	28,57%	2
▼ Les défis occasionnés par un dysfonctionnement du système (ex. mauvaise installation, mortalité des végétaux, prolifération d'insectes nuisibles, etc.)	28,57%	2
▼ Les perceptions négatives quant à l'esthétisme de certains végétaux (apparence erronée de mauvaises herbes)	14,29%	1
▼ Le manque de considération des entrepreneurs sur la fragilité des végétaux et l'importance de la conservation	14,29%	1
▼ La protection des ouvrages pour éviter d'abimer la surface végétalisée (éducation à faire auprès des acteurs d'un chantier)	14,29%	1
▼ La nécessité d'obtenir l'autorisation de la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) dans le cas d'une toiture végétalisée	14,29%	1
▼ Le manque de transparence des fabricants et des installateurs de l'industrie (manque d'accès à l'information)	14,29%	1
▼ Ne sait pas, car l'entrepreneur était responsable de l'exécution	14,29%	1
▼ Les risques de compromettre l'image de l'organisation en cas de complications	14,29%	1
▼ Les difficultés rencontrées afin d'accéder au système de manière sécuritaire	14,29%	1
▼ La gestion des mesures préventives (ex. inspection visuelle des végétaux, contrôle de la qualité de l'eau, suivi du système d'irrigation, fertilisation, arrosage, etc.)	14,29%	1
▼ Le manque d'informations en matière de retombées (au sujet des bienfaits)	14,29%	1
▼ La nécessité d'ajuster le contrat d'entretien en fonction des besoins	14,29%	1
▼ Le développement de notre expertise en collaboration avec l'entrepreneur	14,29%	1
▼ L'installation de ruches d'abeilles sur la toiture végétalisée	14,29%	1
▼ Le contrôle de la qualité pendant les travaux (ex. étanchéité du bâtiment, qualité du système, etc.)	14,29%	1
Nombre total de participants : 7		

EXPÉRIENCE (APRÈS LE PROJET)

F. Quelles ont été les retombées de votre projet?

(+) Retombées positives

(-) Retombées négatives

CHOIX DE RÉPONSES ▼	RÉPONSES ▼	
▼ (+) S'avère bénéfique en matière d'éducation et/ou de sensibilisation auprès du grand public	57,14%	4
▼ (+) Permet de projeter une image positive de l'organisation (ex. retombées médiatiques)	57,14%	4
▼ (+) Contribue à accroître l'attractivité de l'organisation	57,14%	4
▼ (+) Contribue à résoudre des problèmes environnementaux (ex. réduction des îlots de chaleur, optimisation de la gestion des eaux pluviales, soutien la pollinisation, augmentation de la biodiversité, etc.)	42,86%	3
▼ (+) Permet de produire efficacement et localement des aliments	42,86%	3
▼ (+) Renforce le sentiment d'appartenance des employés et d'autres parties prenantes (ex. communauté, clients, partenaires, etc.)	42,86%	3
▼ (+) Contribue à l'obtention de certifications et/ou autres formes de reconnaissance (ex. LEED®, BOMA best, etc.)	42,86%	3
▼ (+) Devis un lieu propice aux rassemblements entre collègues (favorise les interactions sociales)	42,86%	3
▼ (+) Devis un lieu propice à détente accessible aux employés (assure le bien-être et le confort des employés)	42,86%	3
▼ (+) Soutient l'innovation sociale et technologique (ex. travaux de recherche)	28,57%	2
▼ (+) Contribue à accroître le confort thermique intérieur et la qualité de l'air (ex. rafraîchissement et filtration de l'air)	28,57%	2
▼ (+) Permet de respecter des engagements ou des orientations stratégiques en DD	28,57%	2
▼ (+) S'avère bénéfique en matière d'éducation et/ou de sensibilisation à l'interne	28,57%	2
▼ (+) Génère des gains (ex. nouveaux revenus) et/ou des économies en frais évités (ex. humidification de l'air, régulation de la température, etc.)	28,57%	2
▼ (+) Permet d'acquérir des connaissances en expérimentant cette technologie	28,57%	2
▼ (+) Contribue à accroître l'esthétisme du bâtiment	14,29%	1
▼ (+) Contribue au processus de fidélisation de la clientèle	14,29%	1
▼ (+) Contribue à accroître le confort acoustique intérieur en modifiant la perception du son environnant (amélioration de l'acoustique)	14,29%	1
▼ (+) Favorise la participation citoyenne et intergénérationnelle	14,29%	1
▼ (+) Contribue à accroître la rétention du personnel	14,29%	1
▼ (-) Occasionne des pertes et/ou des dépenses en raison des coûts d'entretien	14,29%	1
▼ (+) Devis une préférence déclarée par la clientèle	14,29%	1
▼ (+) Suscite l'intérêt des employés dans l'amélioration de leur environnement de travail	14,29%	1
▼ (+) Contribue à accroître le sentiment de respect des employés vis-à-vis la direction (les employés se sentent respectés)	14,29%	1
▼ (+) Permet d'optimiser l'utilisation de l'espace disponible	14,29%	1
▼ (+) Soutient le démarrage d'une entreprise locale spécialisée en apiculture	14,29%	1
▼ (+) Permet de produire des objets promotionnels originaux (ex. fabrication de pots de miel avec l'aide des abeilles)	14,29%	1
▼ (+) Soutient l'industrie touristique de la région (attire des touristes)	14,29%	1
Nombre total de participants : 7		

G. Referiez-vous à nouveau un projet de végétalisation du bâtiment (pourquoi)?

(+) Oui parce [...]

(-) Non parce [...]

CHOIX DE RÉPONSES ▼	RÉPONSES ▼	
▼ (+) C'est synonyme de fierté (nous sommes fières de notre projet)	71,43%	5
▼ (+) C'est essentiel pour répondre à notre mission et/ou respecter nos valeurs	57,14%	4
▼ (+) Nous encourageons d'autres organisations à le faire (exerce une influence dans le milieu)	28,57%	2
▼ (+) Cela permet de créer de la vie dans un milieu (les plantes jouent leur rôle et accroissent la biodiversité)	28,57%	2
▼ (+) Cette technologie prend en compte une multitude d'enjeux globaux, nous devons conscientiser les gestionnaires d'immeubles sur les bienfaits que procure cette technologie	28,57%	2
▼ (+) L'application de cette technologie nous permet d'être à l'avant garde	28,57%	2
▼ (+) Cela permet de mettre en oeuvre une vision ou des orientations stratégiques en DD	28,57%	2
▼ (+) Nous sommes convaincus des bienfaits environnementaux, économiques et sociaux que procure cette technologie	28,57%	2
▼ (+) C'est un choix logique en termes d'investissement	14,29%	1
▼ (-) C'est beaucoup de travail (nous avons actuellement d'autres projets de verdissement)	14,29%	1
▼ (+) C'est un beau défi à relever sur le plan technique	14,29%	1
▼ (-) Éviter les murs végétalisés intérieurs si l'objectif est de rentabiliser le projet	14,29%	1
▼ (+) C'est une opportunité à saisir pour améliorer l'environnement de travail des employés	14,29%	1
▼ (+) Cela permet d'accroître l'attractivité et la rétention de la main d'oeuvre	14,29%	1
▼ (+) C'est rentable à court terme à titre de locataire d'un bâtiment	14,29%	1
▼ Ne peut pas répondre	14,29%	1
▼ (+) C'est facile d'entretien et les coûts ne sont pas majeurs	14,29%	1
▼ (+) C'est une opportunité à saisir pour créer une richesse collective (santé, valeur du patrimoine immobilier, tourisme, attractivité des commerces, participation citoyenne, etc.)	14,29%	1
▼ (+) Deviens une source de motivation à faire d'autres initiatives similaires (nous planifions d'autres projets de végétalisation)	14,29%	1
▼ (+) Cette technologie devrait intégrer tous les bâtiments en tenant compte des attentes du client (en fonction des objectifs)	14,29%	1
▼ (-) Impossible sans une volonté politique ou de la haute direction (nécessite des engagements)	14,29%	1
▼ (+) C'est un excellent moyen de pratiquer l'agriculture urbaine	14,29%	1
▼ (+) C'est à faire, mais dans la mesure où il y a une volonté et des objectifs à atteindre	14,29%	1
Nombre total de participants : 7		

LIMITES DE LA VÉGÉTALISATION DU BÂTIMENT AU QUÉBEC

H. Quelles sont les principales limites de la végétalisation du bâtiment au Québec autant pour les installations intérieures qu'extérieures?

CHOIX DE RÉPONSES ▼	RÉPONSES ▼	
▼ Les coûts relatifs à la construction et/ou l'entretien du système (souci de rentabilité)	57,14%	4
▼ Les facteurs climatiques comme la température et le cycle gel-dégel avec l'hiver	42,86%	3
▼ L'incapacité structurelle (portante) des bâtiments composant le parc immobilier existant	42,86%	3
▼ Les craintes à l'égard de certains aspects en matière de sécurité civile (ex. prévention contre les incendies)	42,86%	3
▼ La méconnaissance des impacts positifs de cette technologie auprès des acteurs de l'industrie	28,57%	2
▼ La Régie du bâtiment du Québec (RBQ) et son cadre réglementaire ne favorisant pas la végétalisation du bâtiment (concerne uniquement les toitures végétalisées)	28,57%	2
▼ Le manque de soutien des politiciens et de certains acteurs municipaux (ex. élus, fonctionnaires, service des incendies, etc.)	28,57%	2
▼ L'absence de données précises au Québec permettant d'illustrer l'efficacité de cette technologie en fonction du contexte d'application	28,57%	2
▼ Il n'y a aucune limite pour la toiture végétalisée (le marché s'est adapté aux besoins pour simplifier l'approche)	28,57%	2
▼ La méconnaissance des espèces végétales extérieures adaptées au climat	14,29%	1
▼ L'absence de certifications dans le cas des murs végétalisés (ex. n'est pas visée par LEED®)	14,29%	1
▼ Les projets peuvent difficilement se répliquer (varie en fonction du contexte du bâtiment)	14,29%	1
▼ La nécessité de garantir un accès sécuritaire au système (ex. escalier/ascenseur pour toit / élévateur pour mur)	14,29%	1
▼ Il n'y a aucune restriction pour le mur végétalisé, les limites sont imposées par la réticence des gestionnaires immobiliers	14,29%	1
▼ Il n'y a aucune limite pour la végétalisation du bâtiment (il s'agit davantage d'enjeux structureux)	14,29%	1
▼ L'absence de taxes à l'égard de certaines problématiques (ex. taxe sur la perte de biodiversité et taxe sur les eaux de pluie non retenues)	14,29%	1
▼ Les mesures pouvant contraindre le développement de l'agriculture urbaine (ex. possibilité de taxer la production de nourriture sur les toits)	14,29%	1
Nombre total de participants : 7		

EXERCICE SUR LES ENJEUX EN DÉVELOPPEMENT DURABLE

I. Identifiez les cinq (5) enjeux de développement durable auxquels la végétalisation du bâtiment contribue le plus à votre avis?

CHOIX DE RÉPONSES	▼	RÉPONSES	▼
▼ Îlots de chaleur urbain (ICU)		71,43%	5
▼ Utilisation de l'espace urbain		71,43%	5
▼ Santé et le mieux-être		57,14%	4
▼ Éducation		57,14%	4
▼ Biodiversité et services écosystémiques (SE)		42,86%	3
▼ Embellissement et création de valeur		42,86%	3
▼ Pollution de l'air		28,57%	2
▼ Gestion des eaux pluviales		28,57%	2
▼ Pollution sonore		28,57%	2
▼ Confort thermique intérieur et efficacité énergétique		28,57%	2
▼ Émissions de gaz à effet de serre (GES)		14,29%	1
▼ Sécurité alimentaire		14,29%	1
▼ Durabilité des matériaux		14,29%	1
▼ Sécurité civile		0,00%	0
▼ Gestion des ressources humaines		0,00%	0
Nombre total de participants : 7			

J. Parmi les enjeux de développement durable touchés par la végétalisation du bâtiment, lesquels avez-vous le sentiment de peu connaître?

CHOIX DE RÉPONSES	▼	RÉPONSES	▼
▼ Sécurité civile		71,43%	5
▼ Gestion des ressources humaines		57,14%	4
▼ Aucune de ces réponses		28,57%	2
▼ Confort thermique intérieur et efficacité énergétique		28,57%	2
▼ Durabilité des matériaux		28,57%	2
▼ Pollution sonore		28,57%	2
▼ Sécurité alimentaire		14,29%	1
▼ Biodiversité et services écosystémiques (SE)		14,29%	1
▼ Émissions de gaz à effet de serre (GES)		14,29%	1
▼ Santé et le mieux-être		0,00%	0
▼ Éducation		0,00%	0
▼ Utilisation de l'espace urbain		0,00%	0
▼ Embellissement et création de valeur		0,00%	0
▼ Gestion des eaux pluviales		0,00%	0
▼ Îlots de chaleur urbain (ICU)		0,00%	0
▼ Pollution de l'air		0,00%	0
Nombre total de participants : 7			

ANNEXE 18 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES ENVIRONNEMENTAUX

Tableau A.18 Résultats d'analyse des principes environnementaux

	Critères en fonction des principes	Compromet le DD		Favorise le DD		Résultats	
		Fortement	Faiblement	Légèrement	Fortement	Critères	Principes
		-2	-1	1	2		
Environnement	Protection de l'environnement						
	Accroît la protection de l'environnement (ex. sol, air, eau)				2	2	2,0
	L'environnement est part intégrante du processus de développement				2	2	
	Préservation de la biodiversité						
	Soutient et conserve la diversité biologique au bénéfice des générations actuelles et futures				2	2	1,5
	Maintien les espèces, les écosystèmes et les processus naturels pour assurer la qualité de vie des citoyens		-1		2	1	
	Respect de la capacité de support des écosystèmes						
	Respecte la capacité de support des écosystèmes			1		1	1,0
	Assure la pérennité de la capacité de support des écosystèmes			1		1	
	Précaution						
	Comporte des risques de dommages graves ou irréversibles pour l'environnement			1		1	1,0
	Intègre des mesures effectives visant à prévenir une dégradation de l'environnement malgré l'absence de certitudes scientifiques			1		1	

ANNEXE 19 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES SOCIAUX

Tableau A.19 Résultats d'analyse des principes sociaux

	Critères en fonction des principes	Compromet le DD		Favorise le DD		Résultats	
		Fortement	Faiblement	Faiblement	Fortement	Critères	Principes
		-2	-1	1	2		
Social	Santé et qualité de vie						
	Améliore ou protège la qualité de vie de la population (ex. santé, besoins vitaux)				2	2	2,0
	Soutient l'adoption d'une vie saine et productive en harmonie avec la nature				2	2	
	Équité et solidarité sociale						
	Renforce ou supporte l'équité intra et intergénérationnelle				2	2	1,5
	Renforce ou supporte l'éthique et la solidarité sociale		-1		2	1	
	Participation et engagement						
	Favorise la participation et l'engagement des parties prenantes		-1		2	1	1,5
	Assure la durabilité d'une vision concertée reposant sur les trois piliers du DD				2	2	
	Partenariat et coopération						
	Suscite la collaboration afin de garantir un développement reposant sur les trois piliers du DD		-1		2	0,5	0,75
	Considère les impacts à l'extérieur du périmètre de l'organisation et de la société			1		1	
	Accès au savoir						
	Favorise l'éducation de sorte à améliorer la sensibilisation et la participation des citoyens dans l'exécution du DD				2	2	1,5
	Encourage la recherche de manière à stimuler l'innovation et susciter les apprentissages en DD		-1		2	1	

ANNEXE 20 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES ÉCONOMIQUES

Tableau A.20 Résultats d'analyse des principes économiques

	Critères en fonction des principes	Compromet le DD		Favorise le DD		Résultats	
		Fortement	Faiblement	Faiblement	Fortement	Critères	Principes
		-2	-1	1	2		
Économique	Efficacité économique						
	Supporte une économie performante pour l'organisation et la Société incluant les localités		-1		2	1	1,0
	Assure une prospérité économique porteuse d'innovation et favorable au progrès en DD		-1		2	1	
	Internalisation des coûts						
	Reflète l'ensemble des coûts occasionnés à la société tout au long du cycle de vie					NA	NA
	Considère les externalités négatives (-) dans toutes les sphères de la société					NA	
	Pollueur-payeur						
	Contraint les pollueurs à modifier leur comportement ou à compenser les dommages			1		1	1,0
	Contraint les pollueurs à assumer leur part des coûts en matière de prévention, de réduction et de contrôle des atteintes à la qualité de l'environnement			1		1	

ANNEXE 21 – RÉSULTATS D'ANALYSE DES PRINCIPES TRANSVERSAUX

Tableau A.21 Résultats d'analyse des principes transversaux

	Critères en fonction des principes	Compromet le DD		Favorise le DD		Résultats	
		Fortement	Faiblement	Faiblement	Fortement	Critères	Principes
		-2	-1	1	2		
Transversale	Production et consommation responsable						
	Encourage l'adoption de modes de production et de consommation plus viables et responsables		-1		2	1	1,0
	Encourage l'adoption d'une approche éconoefficiente qui évite le gaspillage et optimise l'utilisation des ressources		-1		2	1	
	Protection du patrimoine culturel						
	Préserve les biens, les lieux, les paysages, les traditions et les savoirs de manière à refléter l'identité de la société et de l'organisation				2	2	1,5
	Identifie, protège et met en valeur le patrimoine culturel en tenant compte de sa rareté et de sa fragilité			1		1	
	Subsidiarité						
	Intègre le pallier décisionnel approprié dans l'attribution des pouvoirs et responsabilités			1		1	1,0
	Répartit adéquatement les lieux de décisions en se rapprochant le plus possible des parties prenantes concernées			1		1	
	Prévention						
	Prévient, atténue ou corrige des problèmes environnement comportant des risques connus ou existants		-1		2	1	1,0
	Prévient, atténue ou corrige des problèmes économiques comportant des risques connus ou existants		-1		2	1	
	Prévient, atténue ou corrige des problèmes sociaux comportant des risques connus ou existants		-1		2	1	